



**José Arthur Pessoa Corrêa**

**ESTUDO DE PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS EM POÇOS E  
LAGOAS NA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE  
JURUBATIBA - RJ**

**Trabalho Final de Curso  
(Geologia)**

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2019



**José Arthur Pessoa Corrêa**

**ESTUDO DE PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS EM POÇOS E LAGOAS NA  
REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA - RJ**

Trabalho Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ, apresentado como requisito  
necessário para obtenção do grau de  
Geólogo.

Orientadores:

Kátia Leite Mansur

Gerson Cardoso da Silva Junior

Rio de Janeiro  
Agosto 2019

José, Arthur Pessoa Corrêa

Estudo de Parâmetros Hidroquímicos em Poços e Lagoas na Região do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba - RJ / José Arthur Pessoa Corrêa - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2019.

59 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2019.

Orientadores: Kátia Leite Mansur, Gerson Cardoso da Silva Junior.

1. Geologia. 2. Setor de Geologia de Engenharia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Kátia Leite Mansur, UFRJ. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

José Arthur Pessoa Corrêa

ESTUDO DE PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS EM POÇOS E LAGOAS NA  
REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA - RJ

Trabalho Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ, apresentado como requisito  
necessário para obtenção do grau de  
Geólogo.

Orientadores:

Kátia Leite Mansur

Gerson Cardoso da Silva Junior

Aprovada em: 09/08/2019

Por:

---

Orientadora Prof<sup>a</sup> Dra. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

---

Orientador Prof. Dr. Gerson Cardoso da Silva Jr. (UFRJ)

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Sílvia Regina de Medeiros (UFRJ)

---

Geol<sup>a</sup> M.Sc. Stella Rodrigues Vaz (UFRJ)

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, agradeço a orientação, paciência e compreensão da Professora Dra. Kátia Leite Mansur. Agradeço também ao Professor Dr. Gerson Cardoso da Silva Jr. pela ajuda e ensinamentos nos trabalhos de campo. Pela assistência nos trabalhos de campo, compreensão e presença na minha banca avaliadora agradeço à Professora Dra. Silvia Regina de Medeiros e à Stella Rodrigues Vaz.

Agradeço a Universidade Federal do Rio de Janeiro e seu corpo docente por me proporcionarem todo o aprendizado na área de Geologia e por disponibilizar recursos que viabilizaram a realização deste trabalho.

Agradeço também ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade por todo apoio prestado durante as pesquisas no PARNA Restinga de Jurubatiba.

À Mônica Fernandes (*in memoriam*) ficam meus eternos agradecimentos pelas novas ideias para o trabalho, pelo incentivo e pelo apoio nas atividades de campo.

Aos colegas que me auxiliaram nos trabalhos de campo: Calvin, Giovanni, Gabriel Eloy e Tainá também fica o meu agradecimento.

Agradeço à Thaís Santiago e à Luana Beekhuizen pela valiosa ajuda na parte de geoprocessamento.

Agradeço também à Rosângela Frota pelas preciosas conversas e reflexões que ajudaram a tornar possível a conclusão deste trabalho.

Por último, e não menos importante, agradeço aos meus pais Carlos e Jaqueline e meu irmão João Antônio por me apoiarem incondicionalmente. À minha namorada Rafaella por todo sacrifício feito para me ajudar e apoiar em um momento tão complicado, meus agradecimentos.

## Resumo

CORRÊA, J.A.P. ESTUDO DE PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS EM POÇOS E LAGOAS NA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA – RJ. 2019. 59p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A área do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, englobada pelos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã – RJ é uma Unidade de Conservação Federal gerida pelo ICMBio. Devido ao seu rico patrimônio natural, há um grande interesse do ponto de vista científico. O presente trabalho buscou a coleta e interpretação de dados hidroquímicos tanto de poços residenciais dos três balneários existentes no entorno do Parque como de dez de suas dezenove lagoas, que se apresentam distribuídas ao longo de seus 44 km de linha de costa. As lagoas possuem geometrias alongadas tanto paralelas quanto perpendiculares à linha de costa, relacionadas a ciclos transgressivos-regressivos ocorridos durante o Holoceno e o afogamento de drenagens. Os parâmetros medidos foram a condutividade elétrica, percentual de cloreto de sódio, total de sólidos dissolvidos, potencial hidrogênioônico e potencial de oxirredução. Para os poços foram elaborados mapas de isoteores de condutividade elétrica, pH e potencial de oxirredução. A partir destes mapas, foi possível observar que existem onze poços nos três balneários com valores de pH e condutividade além dos recomendados para consumo humano, bem como um padrão de maior salinidade em poços mais próximos à linha de costa, mostrando a influência das marés oceânicas sobre o aquífero. As medidas de pH ficaram em sua maioria entre os valores 6,0 e 9,5. Para as lagoas estudadas, foram feitos quatro trabalhos de campo para coleta de dados em diferentes períodos ao longo de um ano. Com os dados foram elaboradas tabelas e gráficos comparativos. Com isso chegou-se à conclusão de que as lagoas perpendiculares à linha de costa não sofreram variações relevantes em sua salinidade durante o ano e isto foi atribuído à forte influência das drenagens que as alimentam, chuvas e irrelevante aporte de água marinha. No entanto, as lagoas paralelas à linha de costa tem a sua salinidade controlada pela influência marinha e de chuvas, fazendo com que haja variações significativas do parâmetro ao longo do ano, havendo períodos em que algumas podem ser classificadas como hipersalinas.

Palavras-chave: Hidroquímica, Restinga de Jurubatiba, Hidrogeologia, Estado do Rio de Janeiro

## Abstract

CORRÊA, J.A.P. STUDY OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS IN WELLS AND LAGOONS IN THE REGION OF THE RESTINGA DE JURUBATIBA NATIONAL PARK - RJ. 2019. 49p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Restinga de Jurubatiba National Park area, encompassed by the municipalities of Macaé, Carapebus and Quissamã - RJ, is a Federal Conservation Unit managed by ICMBio. Due to its rich natural heritage, there is a great interest from the scientific point of view. The present work sought the collection and interpretation of hydrochemical data from both residential wells of the three bathing resorts around the Park and ten of its nineteen lagoons, which are distributed along its 44 km of coastline. The lagoons have elongated geometries both parallel and perpendicular to the shoreline, related to transgressive-regressive cycles that occurred during the Holocene and drainage drowning. The measured parameters were electrical conductivity, sodium chloride percentage, total dissolved solids, hydrogen potential and oxiredution potential. For the wells, kernel maps of electrical conductivity, pH and oxirredution potential were prepared. From these maps, it was observed that there are eleven wells in the three bath resorts with pH and conductivity values beyond those recommended for human consumption, as well as a higher salinity pattern in wells closer to the shoreline, showing the influence of oceanic tides over the aquifer. The pH measurements were mostly between 6,0 and 9,5. For the studied lagoons, four fieldwork were done to collect data on different dates over a year. With the data were prepared tables and comparative graphs. Thus, it was concluded that the lagoons perpendicular to the shoreline did not change significantly in salinity during the year and this was attributed to the strong influence of the drainage that feed them, rainfall and irrelevant input of marine water. However, lagoons parallel to the shoreline have their salinity controlled by marine and rainfall influences, causing significant variations of the parameter throughout the year, with periods in which some may be classified as hypersaline.

Keywords: Hydrochemistry, Restinga de Jurubatiba, Hydrogeology, Rio de Janeiro State

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.....	12
Figura 2. Mapa de localização das lagunas estudadas.....	13
Figura 3: Geometrias das lagunas estudadas do PARNA: a) Lagoa de Jurubatiba; b) Lagoa da Garça; c) Lagoa Preta; d) Lagoa do Robalo.....	14
Figura 4. Mapa de Localização do PARNA.....	16
Figura 5. Mapa indicando os municípios e a área do PARNA em verde (ICMBIO, 2007)....	17
Figura 6: Mapa de acesso ao PARNA.....	18
Figura 7. Província da Mantiqueira (HASUI, 2012).....	20
Figura 8. Modificado de Tupinambá et. al 2007. Mapa da compartimentação tectônica da região sudeste brasileira, modificado de Heilbron et al. 2004a, b. Legenda: 1-Coberturas Fanerozóicas; 2- Rochas Alcalinas do K/Eoceno; 3 a 4: Faixa Brasília: 3-Domínio Externo, 4-Domínio Interno; 5 a 7: Craton do São Francisco e Domínio autóctone: 5- Megassequência Andrelândia autóctone, 6- Supergrupo Bambuí, 7- Embasamento cratônico; 8 a 15: terrenos da Faixa Ribeira: 8- Terreno Ocidental/Domínio Andrelândia, 9- Terreno Ocidental/Domínio Juiz de Fora, 10- Terreno Paraíba do Sul, 11- Terreno Apiaí, 12- Terreno Embú, 13- Terreno Oriental: Ca- Domínio Cambuci, IT- Klippe Italva, Cos-Domínio Costeiro, 14- Terreno Oriental/Arco magmático Rio Negro, 15- Terreno Cabo Frio.....	21
Figura 9. Mapa geomorfológico da região da planície deltaica do Rio Paraíba do Sul, com a área de estudo indicada em vermelho. Modificado de Rocha (2013).....	22
Figura 10. Esquema evolutivo do delta do Rio Paraíba do Sul. Observar a formação de lagunas (MARTIN et al. 1984).....	23
Figura 11. Mapa geológico do PARNA e sua zona de amortecimento. Legenda 1) Depósitos Fluviais Eólicos, Marinhos e/ou Lagunares; 2) Depósitos Flúvio-Lagunares; 3 Depósitos Praiais Marinhos e/ou Lagunares; 4) Depósito Colúvio-Aluvionares; 5) Complexo Búzios; 6) Complexo Paraíba do Sul; 7) Complexo Região dos Lagos; 8) Suíte Desengano; 9) Lagunas (ICMBIO, 2007).....	24
Figura 12: Exemplo de laguna truncada por barreira transgressiva (Lagoa do Pires).....	25
Figura 13. Exemplo de laguna formada por barragem de drenagem (Lagoa Comprida).....	26
Figura 14. Vista aérea da restinga de Jurubatiba. Fonte: ICMBio, 2019.....	27



Figura 15. Carro da equipe do ICMBio e Lagoa Paulista ao fundo.....	32
Figura 16: Recipiente utilizado na coleta de água das lagoas.....	33
Figura 17. Bailer e GPS utilizados em campo.....	33
Figura 18. Medidores de Condutividade/TDS/NaCl, Potencial de Oxirredução e pH.....	34
Figura 19. Mapa de localização do balneário de Carapebus.....	37
Figura 20. Mapa de isoteores de condutividade elétrica do balneário de Carapebus.....	38
Figura 21. Mapa de isoteores de pH do balneário de Carapebus.....	39
Figura 22. Mapa de isoteores do potencial de oxirredução do balneário de Carapebus.....	40
Figura 23. Mapa de localização do balneário de João Francisco.....	41
Figura 24. Mapa de isoteores de condutividade elétrica do balneário de João Francisco.....	42
Figura 25. Mapa de isoteores de pH do balneário de João Francisco.....	43
Figura 26. Mapa de isoteores do potencial de oxirredução do balneário de João Francisco..	44
Figura 27. Mapa de localização do balneário do Visgueiro.....	45
Figura 28. Mapa de isoteores de condutividade elétrica do balneário do Visgueiro.....	46
Figura 29. Mapa de isoteores de pH do balneário do Visgueiro.....	47
Figura 30. Mapa de isoteores de potencial de oxirredução do balneário do Visgueiro.....	48
Figura 31. Gráfico de condutividade elétrica dos poços estudados em conjunto com os padrões de potabilidade.....	49
Figura 32. Gráfico de pH dos poços estudados em conjunto com os padrões de potabilidade. .....	49
Figura 33. Gráfico da variação de salinidade em função dos períodos de amostragem utilizando a classificação por TDS de Masters & Ela (2008).....	53
Figura 34. Média mensal de precipitação na região de Macaé ao longo de um ano. Fonte: Climate-Data.org.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de salinidade das águas de acordo com Masters & Ela (2008).....	29
Tabela 2: Profundidades do nível freático e do fundo dos poços.....	35
Tabela 3: Pontos utilizados para geração dos mapas de isoteores.....	36
Tabela 4: Dados comparativos da Lagoa de Jurubatiba.....	50
Tabela 5: Dados comparativos da Lagoa Comprida.....	50
Tabela 6: Dados comparativos da Lagoa de Carapebus.....	50
Tabela 7: Dados comparativos da Lagoa Paulista.....	50
Tabela 8: Dados comparativos da Lagoa da Bezerra.....	51
Tabela 9: Dados comparativos da Lagoa da Garça.....	51
Tabela 10: Dados comparativos da Lagoa do Robalo.....	51
Tabela 11: Dados comparativos da Lagoa do Visgueiro.....	51
Tabela 12: Dados comparativos da Lagoa do Pires.....	52
Tabela 13: Dados comparativos da Lagoa Preta.....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
<b>2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....</b>	<b>16</b>
<b>3 GEOLOGIA REGIONAL.....</b>	<b>19</b>
3.1 GEOLOGIA LOCAL.....	21
<b>4 EMBASAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>27</b>
4.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA.....	28
4.1.1 Temperatura.....	28
4.1.2 Condutividade Elétrica.....	28
4.1.3 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS).....	29
4.1.4 Cloreto de Sódio (NaCl).....	29
4.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	30
4.1.6 Potencial de Oxirredução (Eh).....	30
4.2 AQUÍFEROS.....	30
4.3 PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA.....	31
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
6.1 MAPAS DE PH, CONDUTIVIDADE E POTENCIAL DE OXIRREDUÇÃO.....	35
6.1.1 Balneário de Carapebus.....	37
6.1.2 Balneário de João Francisco.....	41
6.1.3 Balneário do Visgueiro.....	45
6.1.4 Gráficos de potabilidade.....	49
6.2 DADOS HIDROQUÍMICOS DAS LAGUNAS EM FUNÇÃO DO TEMPO E GRÁFICO COMPARATIVO.....	49
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Parque Nacional da Restinga (PARNA) de Jurubatiba (Figura 1) foi criado pelo Decreto de 29 de abril de 1998 (BRASIL, 1998) pelo então presidente do Brasil Fernando Henrique Cardoso, trazendo como objetivo a proteção e preservação de amostras dos ecossistemas ali existentes, possibilitando o desenvolvimento de pesquisa científica e de programas de educação ambiental. É uma unidade de conservação federal e engloba três balneários, que são Carapebus, João Francisco e Visgueiro. A planície costeira de Jurubatiba é a maior restinga do estado do Rio de Janeiro e também uma das maiores do Brasil (ROCHA *et al.* 2002).

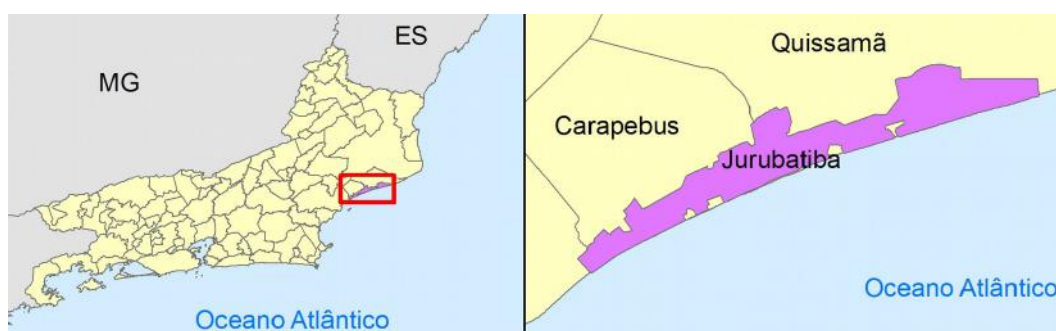


Figura 1. Localização do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

Estão presentes ao longo da linha de costa 19 lagoas com características distintas umas das outras. Destas, foram objeto de estudo no presente trabalho 10 delas: 1) Lagoa de Jurubatiba, 2) Comprida, 3) Carapebus, 4) Paulista, 5) Bezerra, 6) Garça, 7) Robalo, 8) Visgueiro, 9) Pires e 10) Preta (Figura 2).

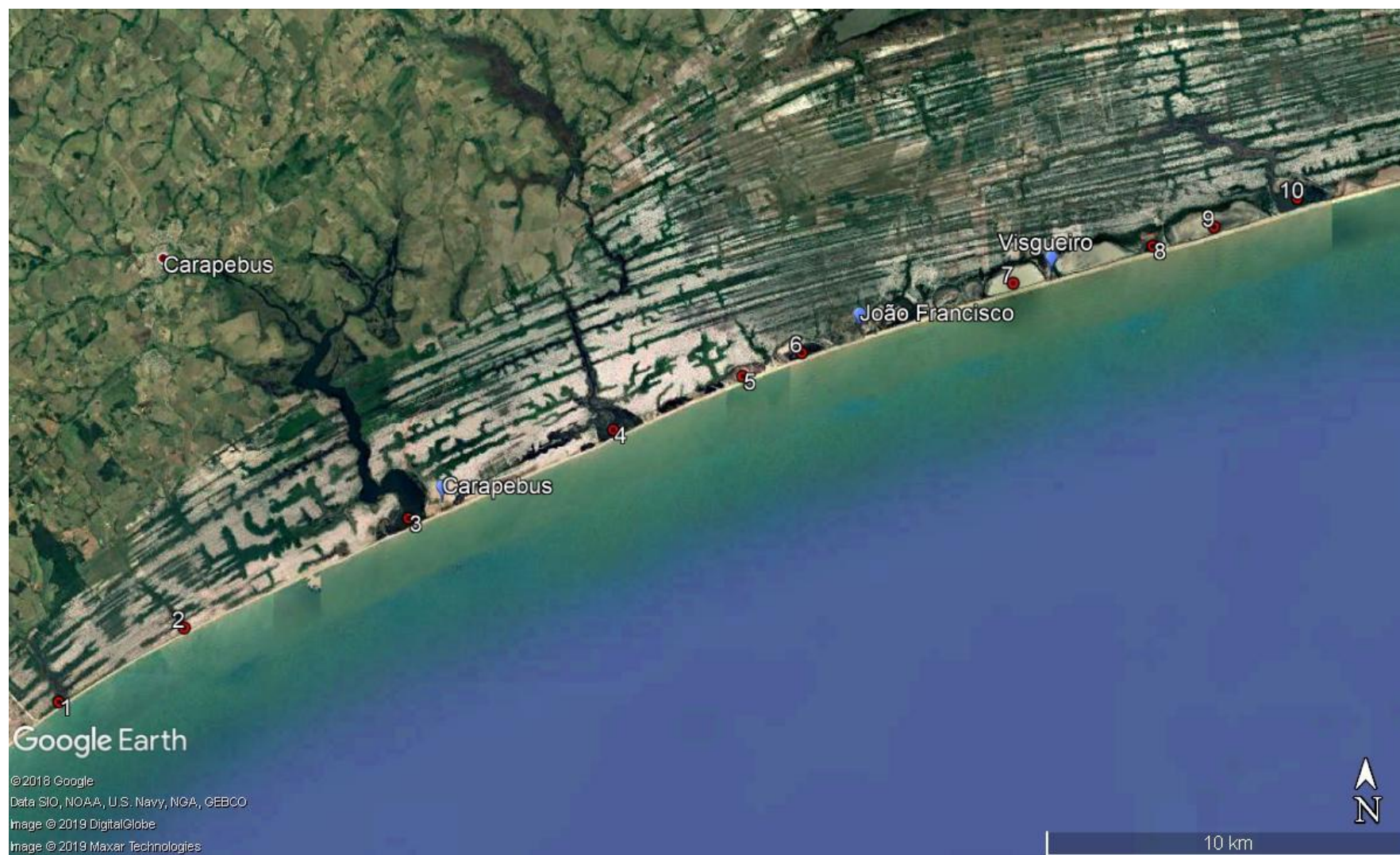


Figura 2. Mapa de localização das lagunas estudadas.



## 1.1 JUSTIFICATIVA

As lagoas da Restinga de Jurubatiba podem ser divididas em dois grupos levando em consideração sua geometria: um grupo que ocorre de forma alongada e paralela à praia e um outro grupo de lagoas cuja forma alongada e ramificada ocorre perpendicular à linha de costa (Figura 3). Cada lagoa tem suas características distintas. Conforme dados do Plano de Manejo do Parque (ICMBIO, 2007), há lagoas de água doce, salgada ou hipersalina, de meio redutor ou oxidante e de pH mais ácido, neutro ou básico.

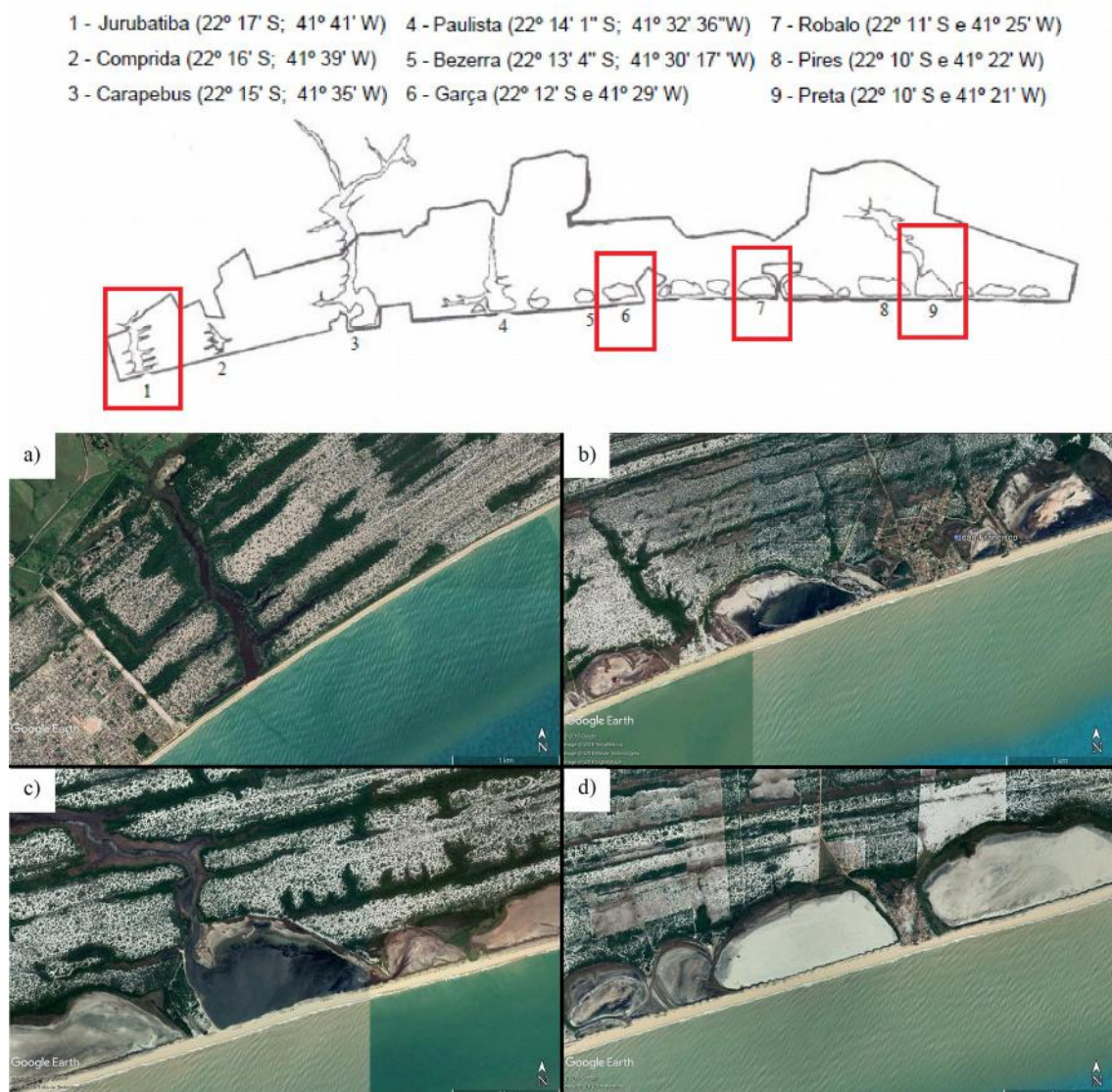


Figura 3: Geometrias das lagunas estudadas do PARNA: a) Lagoa de Jurubatiba; b) Lagoa da Garça; c) Lagoa Preta; d) Lagoa do Robalo.

Dentro do Parque também existem três balneários. Neles, os habitantes utilizam água subterrânea e não foram encontrados estudos sobre sua qualidade. Pesquisas sobre essas águas são fundamentais para que o morador e o frequentador desses locais tenham confiança na qualidade de sua água de abastecimento.

Durante a reunião da bibliografia sobre a área, foi possível observar que os estudos hidrológicos na região costumam ocorrer de forma pontual, restritos a apenas uma área, poço ou lagoa. Pesquisas que abranjam áreas mais amplas são escassas e, em um local com tanta diversidade, se faz necessária a busca por um estudo que compreenda áreas maiores do PARNA e abra a possibilidade para correlações.

## 1.2 OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivo a coleta de dados de parâmetros físicos e químicos das lagoas do PARNA Restinga de Jurubatiba em quatro datas diferentes. Com os dados em mãos, a finalidade foi organizá-los de maneira que tornasse mais fácil o entendimento da evolução dos parâmetros das lagunas ao longo do ano, bem como traçar os perfis hidroquímicos mais básicos das lagoas.

Na última campanha também foram colhidas informações dos mesmos parâmetros em poços domésticos dos três balneários localizados nos limites do PARNA: Carapebus, João Francisco e Visgueiro. O propósito foi dar início aos estudos sobre as águas subterrâneas na região, checando as condições de salinidade, pH e potencial Redox a partir dos dados coletados.

## 2 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA) está localizado ao longo do litoral nordeste do Estado do Rio de Janeiro (Figura 4).



Figura 4. Mapa de Localização do PARNA.

Conta com uma área de 14.992,39 hectares e extensão de 44 km de costa, abrangendo parte dos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã (Figura 5), sendo esse último o detentor de 65% da dimensão do parque.



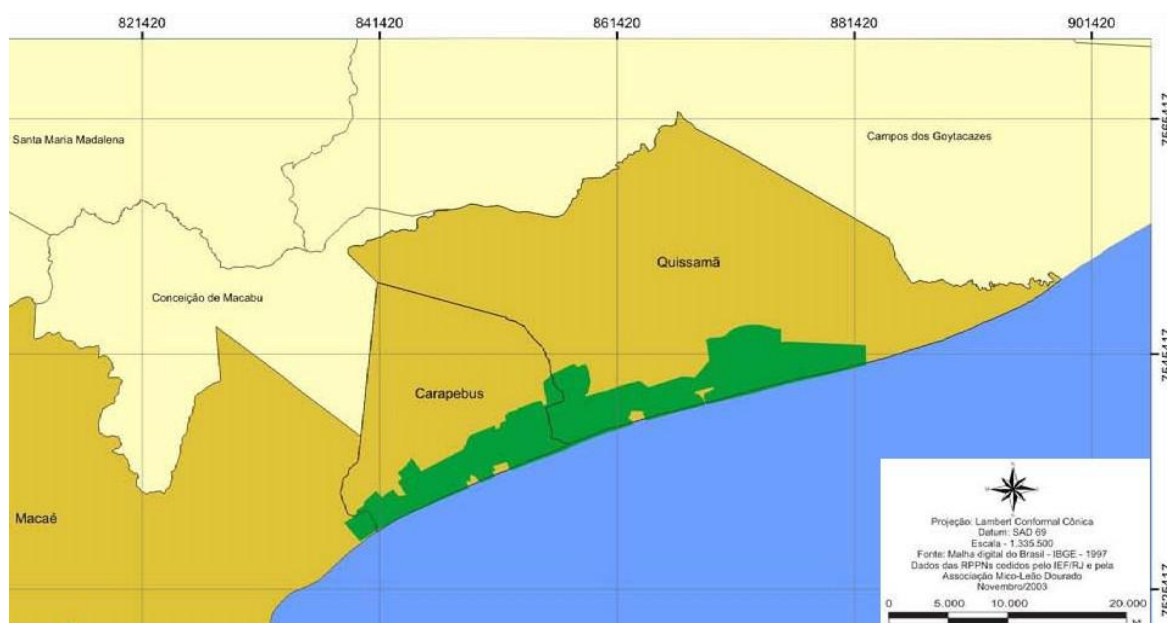


Figura 5. Mapa indicando os municípios e a área do PARNA em verde (ICMBIO, 2007).

A sede administrativa do Parque situa-se na Rodovia Amaral Peixoto, km 182, nº 5000, bairro Barreto, Macaé – RJ ( $22^{\circ} 18' 11''$  S  $41^{\circ} 41' 41''$  W). Os limites extremos do PARNA tem início nas proximidades da Lagoa Cabiúnas, em Macaé, e fim no canal de Ubatuba/Lagoa Feia, no Município de Quissamã.

O acesso ao parque (Figura 6) se dá, a partir do Rio de Janeiro, pela Rodovia BR-101, pela Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106) ou pela Via-Lagos. Após a Ponte Rio Niterói, segue-se pela BR-101 até o Trevo de Macaé (Km 165) e, daí, pela RJ-168 até o centro de Macaé, pegando a RJ-106 até Cabiúnas, onde há um acesso não asfaltado, até a guarita de acesso à sede do PARNA.

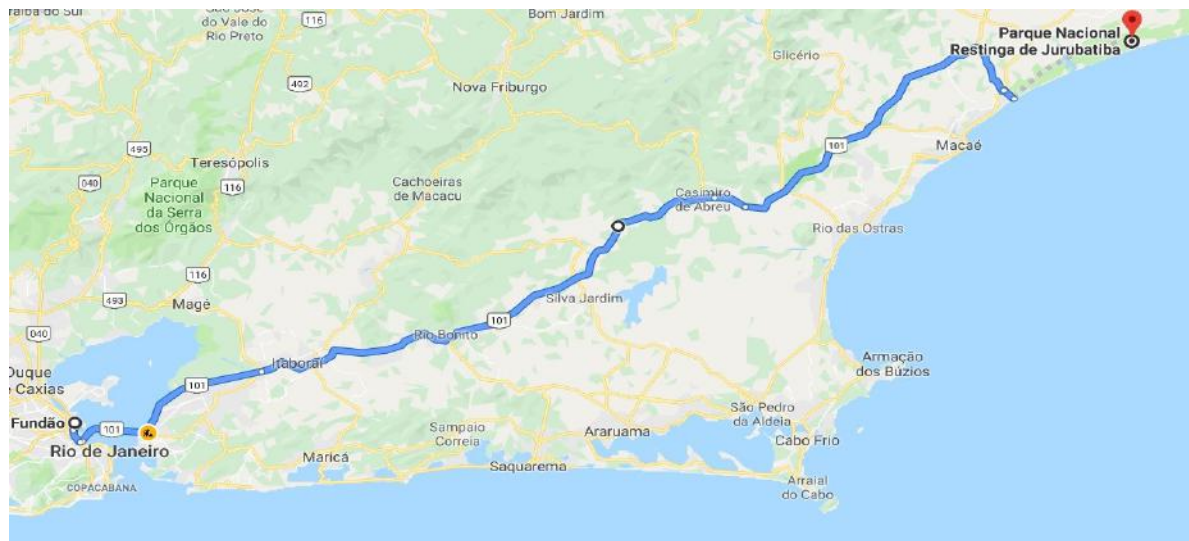


Figura 6: Mapa de acesso ao PARNA.

### 3 GEOLOGIA REGIONAL

A Província Mantiqueira, na qual o Estado do Rio de Janeiro está geotectonicamente inserido, é uma complexa província estrutural afetada pelo Ciclo Brasileiro. Possui 3000 km de extensão e em média 200 km de largura, acompanhando paralelamente a costa sul americana, e por ela sendo limitada em seu lado ocidental, desde o Uruguai até o sul da Bahia. A província é limitada em seu lado oriental pelos crátons Paranapanema e São Francisco. Em razão de sua posição, é um dos alicerces da compreensão das colagens brasileiras (580Ma) que resultaram na amalgamação do Supercontinente Gondwana Ocidental (SILVA & CUNHA, 2001).

Também chamada de Sistema Orogênico Mantiqueira, a província foi compartimentada por Almeida & Hasui (1984) em três setores, denominados setentrional, central e meridional. Com a evolução das pesquisas e novos conhecimentos, os três setores passaram a ser tratados como cinturões orogênicos (Figura 7) diferentes, referidos como Araçuaí, Ribeira e Tijucas, cada qual com evolução distinta, de maneira diacrônica e com superposições de eventos nas interseções (HASUI, 2010).



Figura 7. Província da Mantiqueira (HASUI, 2012)

O Estado do Rio de Janeiro está inserido no Cinturão ou Faixa Ribeira, que apresenta *trend* estrutural NE-SW, resultado das colisões oblíquas que empilharam cinco diferentes terrenos de E para WNW. Estes terrenos são compartimentos tectono-estratigráficos separados por falhas de empurrão e zonas de cisalhamento oblíquas. São denominados Ocidental, Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio (HEIBRON *et al.*, 2004). O terreno Oriental foi dividido por Tupinambá *et al.* (2007) em três compartimentos: Cambuci, Italva e Costeiro. Neste último encontra-se a área de estudo, destacada em vermelho na figura 8.

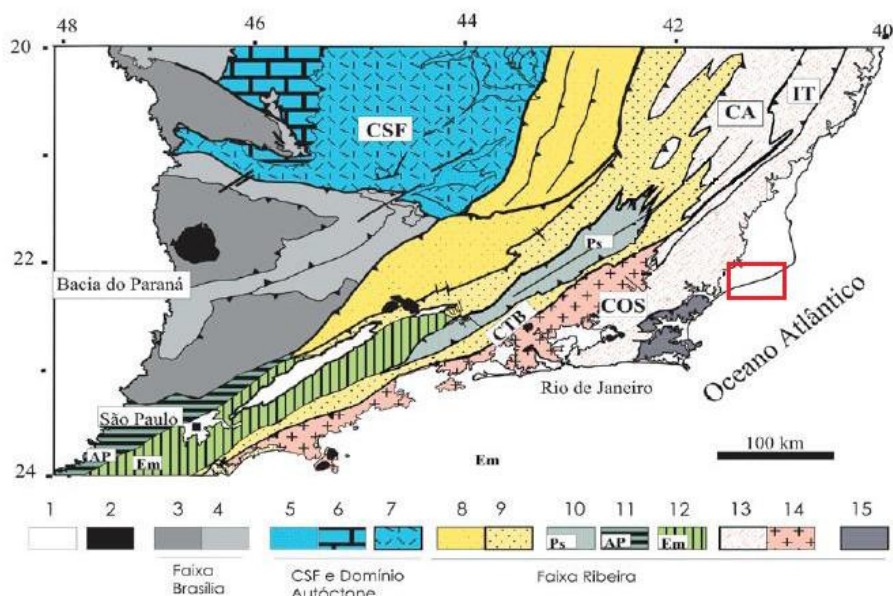


Figura 8. Modificado de Tupinambá et. al 2007. Mapa da compartimentação tectônica da região sudeste brasileira, modificado de Heilbron et al. 2004a, b. Legenda: 1-Coberturas Fanerozóicas; 2-Rochas Alcalinas do K/Eoceno; 3 a 4: Faixa Brasília: 3-Domínio Externo, 4- Domínio Interno; 5 a 7: Craton do São Francisco e Domínio autóctone: 5- Megassequência Andrelândia autóctone, 6-Supergrupo Bambuí, 7- Embasamento cratônico; 8 a 15: terrenos da Faixa Ribeira: 8- Terreno Ocidental/Domínio Andrelândia, 9-Terreno Ocidental/Domínio Juiz de Fora, 10- Terreno Paraíba do Sul, 11- Terreno Apiaí, 12- Terreno Embú, 13- Terreno Oriental: Ca-Domínio Cambuci, IT- Klippe Italva, Cos-Domínio Costeiro, 14-Terreno Oriental/Arco magmático Rio Negro, 15- Terreno Cabo Frio.

### 3.1 GEOLOGIA LOCAL

O PARNA se localiza na parte sul do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (Figura 9), que segundo Martin *et al.* (1984a) é composto essencialmente de sedimentos marinhos do pleistoceno e holoceno e por depósitos fluviais e lagunares.

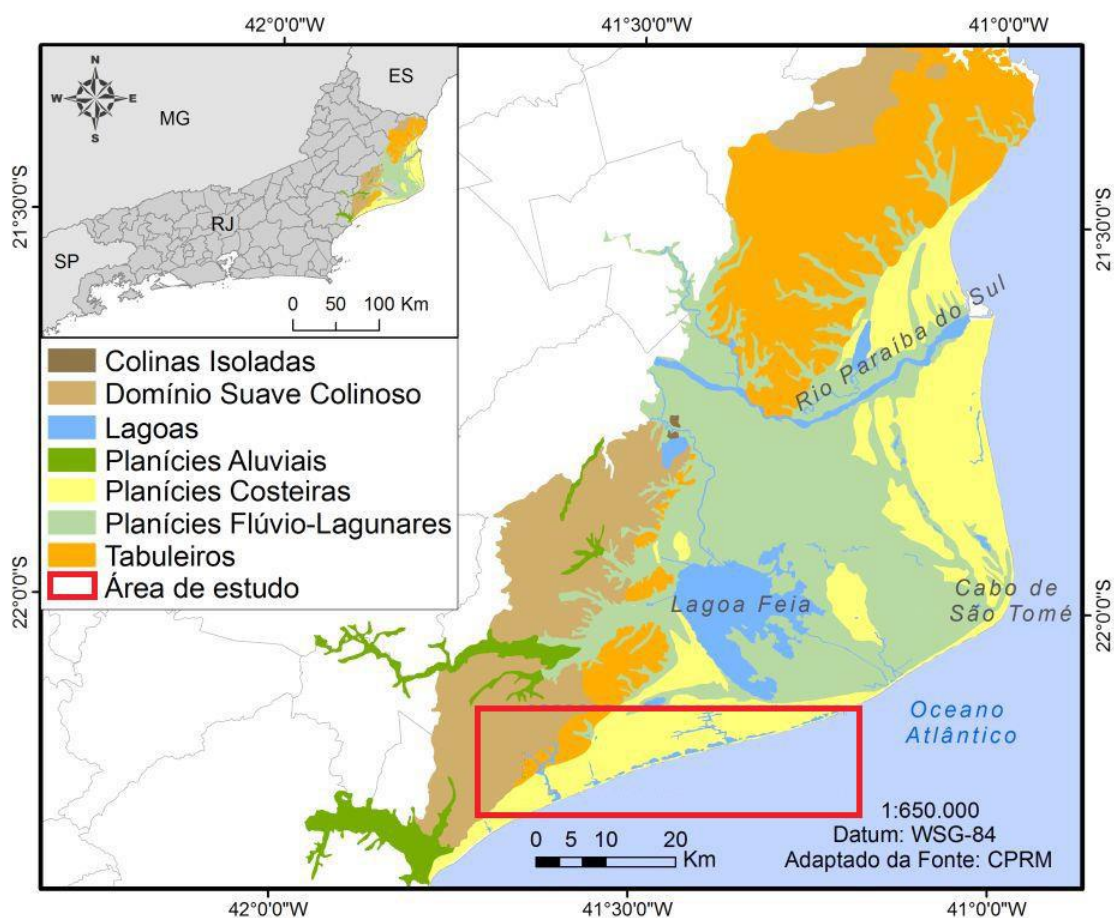


Figura 9. Mapa geomorfológico da região da planície deltaica do Rio Paraíba do Sul, com a área de estudo indicada em vermelho. Modificado de Rocha (2013).

As flutuações do nível relativo do mar foram a principal causa da formação das planícies litorâneas brasileiras. Para Dominguez *et al.* (1981) as fases evolutivas dessas planícies envolveram primeiramente a sedimentação da Formação Barreiras, que são depósitos de leques aluviais do Plioceno. Depois, uma série de eventos transgressivos e regressivos durante o Pleistoceno e Holoceno esculpiram as falésias da Formação Barreiras, formaram os sistemas de lagunas e barreiras (Figura 10).



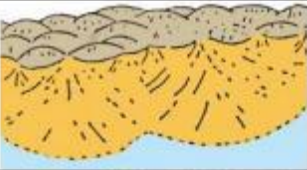


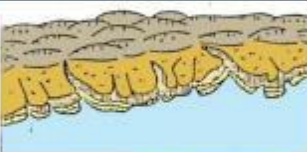



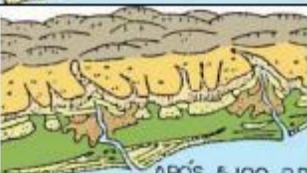
Fases de evolução	Descrição evolutiva	Esquema evolutivo
<b>A</b>	Clima semi-árido, nível relativo do mar abaixo do atual e deposição de sedimentos da Formação Barreiras.	
<b>B</b>	Subida relativa do nível do mar impede a sedimentação da Formação Barreiras demarcando por vales entalhados, e formando uma linha de falésias.	
<b>C</b>	Regressão marinha, dá início à formação de depósitos de leques aluviais incostados nas falésias esculpidas na Formação Barreiras.	
<b>D</b>	Máximo da penúltima transgressão marinha (123.000 A.P.), erode as planícies costeiras depositadas anteriormente. Os vales fluviais são afogados e originam lagunas e estuários.	
<b>E</b>	Fase de regressão marinha permite a construção da planície costeira pleistocência progradante.	
<b>F</b>	Corresponde ao máximo da última transgressão marinha (7.000 a 5.100 A. P.), provoca a erosão dos terraços arenosos pleistocênicos e inicia-se a formação de lagunas e ilhas – barreira.	
<b>G</b>	Construção de deltas intralagunares provoca o assoreamento das lagunas.	
<b>H</b>	Inicia-se a construção dos terraços marinhos holocênicos e a transformação das lagunas em lagos e lagoas, devido a inserção de água salgada na fase anterior.	

Figura 10. Esquema evolutivo do delta do Rio Paraíba do Sul. Observar a formação de lagunas (MARTIN et al. 1984).

Por fim, um último ciclo transgressivo-regressivo no Holoceno deu origem às atuais lagunas existentes nas planícies marinhas, como podemos ver no mapa geológico do parque (Figura 11).

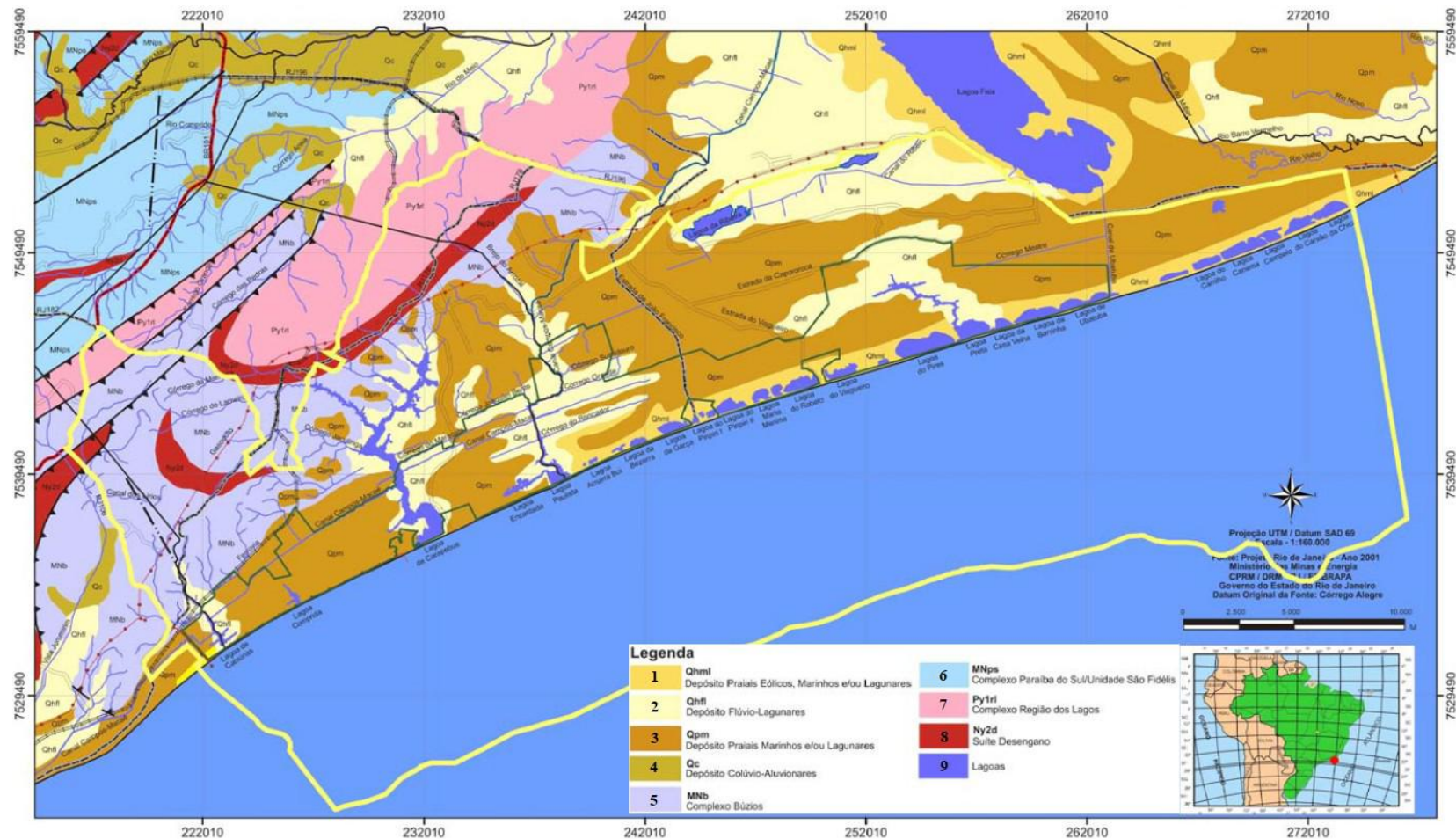


Figura 11. Mapa geológico do PARNA e sua zona de amortecimento. Legenda 1) Depósitos Fluviais Eólicos, Marinhas e/ou Lagunares; 2) Depósitos Flúvio-Lagunares; 3) Depósitos Praias Marinhas e/ou Lagunares; 4) Depósito Colúvio-Aluvionares; 5) Complexo Búzios; 6) Complexo Paraíba do Sul; 7) Complexo Região dos Lagos; 8) Suíte Desengano; 9) Lagoas (ICMBIO, 2007).



Hoje em dia, esse sistema de barreiras e lagunas mostram um truncamento. Esta feição foi descrita por Dias & Silva (1984), que evidenciaram a barreira transgressiva migrando em direção ao continente ao indicar que os limites lagunares proximais ao mar são retilíneos, enquanto seus limites distais são elípticos (Figura 12).

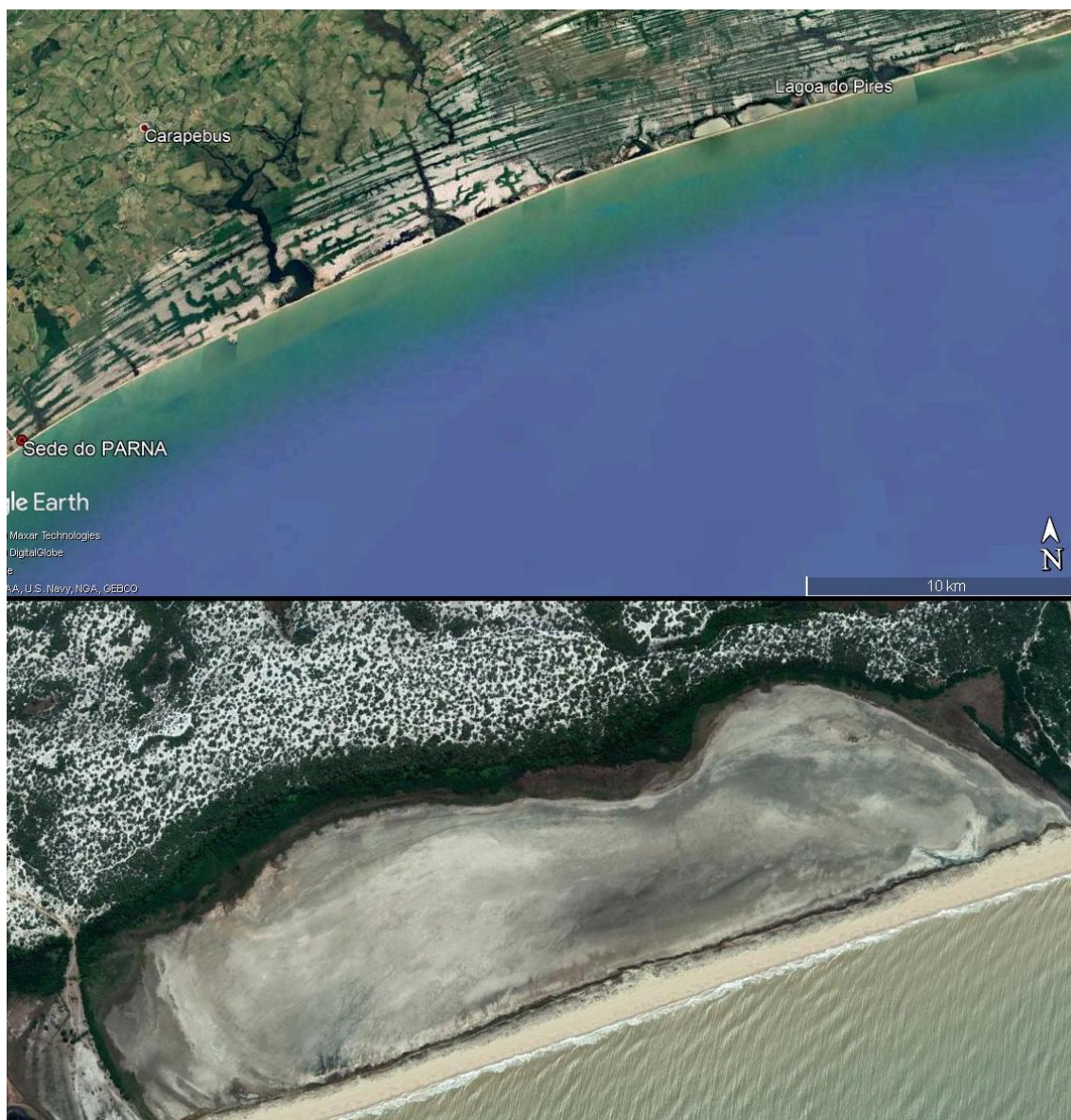


Figura 12: Exemplo de laguna truncada por barreira transgressiva (Lagoa do Pires).

Essa migração também barrou as drenagens que se originam nas áreas mais altas, como por exemplo as colinas decorrentes da presença da Formação Barreiras. O resultado disso é a

formação de lagunas com o eixo maior perpendicular à linha de costa (Figura 13).



Figura 13. Exemplo de laguna formada por barragem de drenagem (Lagoa Comprida).



#### 4 EMBASAMENTO TEÓRICO

Segundo a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 303 de 2002 (BRASIL, 2002), restingas são depósitos arenosos paralelos a linha de costa, geralmente de forma alongada, produzidos por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades vegetais e animais que recebem influência marinha. Estas comunidades dependem mais da natureza do substrato do que do clima em si. A cobertura vegetal das restingas ocorre em mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões (Figura 14).



Figura 14. Vista aérea da restinga de Jurubatiba. Fonte: ICMBio, 2019.

Para Pereira *et al.* (2011) o conceito legal apresentado pelo CONAMA é multidisciplinar, caracterizando o ambiente como um todo e não apenas o substrato geológico. É uma definição correta do ponto de vista do mapeamento de áreas de restrição de ocupação, para que haja preservação do bioma.

## 4.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA

### 4.1.1 Temperatura

Em geral, temperatura da água subterrânea não varia mais do que 2°C no ano. Normalmente, a temperatura atmosférica não tem influência na temperatura do aquífero, a não ser em casos em que os aquíferos freáticos são pouco profundos. Em relação a profundidade, deve-se levar em conta o grau geotérmico do local (1°C a cada 30m em média) (FEITOSA, 2008).

Em aquíferos costeiros é necessário considerar também o efeito das águas marinhas sobre as águas subterrâneas, já que o mar absorve maior quantidade do fluxo de calor solar do que o continente, fazendo que sua temperatura seja, em média, 3°C mais alta do que a água continental (CUSTODIO, 1987).

A temperatura da água subterrânea é de suma importância pois interfere no equilíbrio químico e na velocidade das reações que ocorrem no meio (HEM, 1985).

Este parâmetro deve ser medido no local de amostragem com equipamento adequado, tomando-se os devidos cuidados, como o descarte das primeiras coletas para que a amostra represente a temperatura do aquífero e não do poço (FEITOSA, 2008).

### 4.1.2 Condutividade Elétrica

É a medida da capacidade da água de conduzir corrente elétrica. Como o aumento da temperatura faz com que a condutividade aumente, faz-se necessário corrigir os valores medidos em campo para um valor padrão de temperatura a 25°C. A unidade utilizada para representar este parâmetro é o milisiemens por centímetro (mS/cm). Em água pura, o valor da condutividade elétrica da água é muito baixo, da ordem de centenas de microsiemens por centímetro (HEM, 1985).

O aumento da concentração de íons faz com que a condutividade da solução aumente. Em águas subterrâneas esse valor costuma ser baixo, enquanto em águas marinhas o valor é alto (FEITOSA, 2008). Assim, sua medida pode ser usada para interpretar a concentração de íons na água (HEM, 1985).

#### 4.1.3 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)

É a massa total de todos os sais minerais dissolvidos na água dividida pelo volume e as unidades utilizadas são o miligrama por litro (mg/L), grama por litro (g/L) ou partes por milhão (ppm) (FEITOSA, 2008).

Os principais ânions encontrados na água são cloreto, sulfato e bicarbonato. Já os cátions são representados principalmente por cálcio, magnésio, sódio e potássio (CUSTODIO, 1987).

Como são duas propriedades diretamente ligadas, o valor do TDS pode ser encontrado a partir da condutividade elétrica, multiplicando-a por um fator que está entre 0,55 a 0,75 em águas subterrâneas naturais e acima de 0,75 em águas salinas (FEITOSA, 2008).

O total de sólidos dissolvidos pode ser usado para classificar as águas em doce, salobra, salgada e salmoura (Tabela 1):

Tabela 1: Classificação de salinidade das águas de acordo com Masters & Ela (2008).

<b>Classificação</b>	<b>TDS (g/L)</b>	<b>CE (mS/cm)</b>
Doce	<1	<2
Salobra	1-10	2-20
Salgada	10-30	20-60
Salmoura	>30	>60

#### 4.1.4 Cloreto de Sódio (NaCl)

O equipamento utilizado no campo mede a condutividade elétrica e a partir dela calcula o valor da porcentagem de NaCl na solução.

Na água, o cloreto de sódio se dissocia em íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . O sódio é um dos cátions mais importantes e abundantes. Isto decorre de sua ampla presença nos minerais-fonte, como por exemplo os feldspatos, que são mais instáveis quimicamente e tendem a sofrer intemperismo químico por ação da água. O íon também tem alta solubilidade, o que contribui para sua presença nas águas subterrâneas. O ânion cloreto é muito solúvel e estável em solução e por isso está presente em todas as águas naturais. Suas fontes são a lixiviação de minerais ferromagnesianos e de rochas evaporíticas. Dados de concentração do sódio e do cloreto podem ser usados para interpretar a proveniência das águas (FEITOSA, 2008).

#### **4.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH é a medida da concentração de íons de hidrogênio na água (FEITOSA, 2008). Seu valor é dado em unidade logarítmica da atividade hidrogeniônica em mols por litro (HEM, 1985). Seu valor varia de 1 a 14, sendo considerado neutro o valor igual a 7, básico abaixo de 7 e ácido acima de 7. Nas águas subterrâneas o mais comum é encontrar valores entre 5,5 e 8,5, podendo em raras ocasiões variar entre 3 e 11. O pH deve ser medido com o auxílio de um pHmetro portátil no local da amostragem (FEITOSA, 2008).

#### **4.1.6 Potencial de Oxirredução (Eh)**

O Eh é um índice numérico que mede a intensidade da oxidação ou redução em um sistema. A unidade utilizada é o milivolt (mV), sendo o potencial de um eletrodo padrão de hidrogênio utilizado como referência para o valor zero. Valores abaixo de zero indicam que o sistema é redutor e valores acima de zero indicam meio oxidante. Valores muito baixos podem evidenciar ambiente anóxico, com ação de bactérias (HEM, 1985).

### **4.2 AQUÍFEROS**

São formações geológicas (meios porosos e/ou fraturados) que contém água e, que em condições naturais, possibilita que quantidades significativas desta se movimentem em seu

interior. Apenas a água que circula nesta zona saturada é denominada subterrânea.

Podem ser classificados em livres e confinados. O primeiro, também chamado de freático, é limitado na base por uma camada impermeável ou semipermeável e no topo por uma superfície freática, onde todos os pontos contidos se encontram à pressão atmosférica. O segundo pode ser denominado aquífero sob pressão e é limitado tanto no topo quanto na base por camadas impermeáveis ou semipermeáveis (FEITOSA, 2008).

#### 4.3 PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA

Segundo a Portaria de Consolidação MS nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), a água é considerada potável pelos padrões organolépticos se possuir pH entre 6,0 e 9,5 e Sólidos Totais Dissolvidos com concentração inferior a 1g/L. Como o fator de multiplicação entre o TDS e a Condutividade Elétrica está bem próximo ao valor de 0,5, temos que o padrão para a condutividade está próximo de 2 mS/cm. Os demais parâmetros abordados no presente trabalho (Temperatura, Potencial de Oxirredução e %NaCl) não são mencionados no texto da Portaria.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi feita em quatro períodos diferentes ao longo de um ano, buscando acumular o máximo de informações possíveis. Cada campanha pode ser dividida em três etapas:

### a) Etapa de Escritório Pré Campo

Nesta fase foi feita a reunião da base bibliográfica do trabalho. Artigos científicos, monografias, dissertações, teses e decretos governamentais sobre a área de estudo e livros de Hidrogeologia. Também foi feito o preparo dos mapas, calibragem dos equipamentos de campo e o preparo da água destilada para a limpeza dos aparelhos após o uso.

### b) Etapa de Campo

Foram realizadas 4 saídas de campo nos dias 22/09/2016, 16/01/2017, 24/07/2017 e 07/12/2017. O trajeto entre as lagoas foi feito de carro 4x4 (Figura 15) pela praia com o apoio do ICMBio.



Figura 15. Carro da equipe do ICMBio e Lagoa Paulista ao fundo.



Para a realização da coleta de água das lagunas foi utilizado um recipiente amarrado a uma corda (Figura 16) para alcançar uma distância maior das bordas, fazendo com que o material coletado tivesse a menor interferência externa.



Figura 16: Recipiente utilizado na coleta de água das lagunas.

Nos poços a coleta foi feita com o auxílio de um bailer (Figura 17). Cada ponto foi registrado por um GPS Garmin Etrex 30x (Figura 17) utilizando o datum WGS84, com projeção UTM na zona 24K. Todas as informações foram anotadas na caderneta de campo (Apêndice).



Figura 17. Bailer e GPS utilizados em campo.

Os parâmetros foram medidos com o auxílio de três equipamentos portáteis (Figura 18) da marca Hanna: os modelos HI9835 para medir a condutividade elétrica e o TDS; pHep Tester para medir o pH; e HI98201 para medir o potencial de oxirredução. Após as medições os aparelhos eram limpos com água destilada e secados com papel.



Figura 18. Medidores de Condutividade/TDS/NaCl, Potencial de Oxirredução e pH.

#### c) Etapa de Escritório Pós Campo

Inicialmente, todas as informações foram digitalizadas na forma de tabelas através do software Microsoft Excel. Para as tabelas das lagunas, o mesmo programa foi utilizado para a geração de gráficos para fins comparativos.

Para a preparação dos mapas foram utilizadas as planilhas e o software de sistema de informações geográficas (SIG) ESRI ArcGis. Dentro dele, a ferramenta de interpolação pela ponderação do inverso da distância (IDW) foi aplicada sobre a tabela de pontos que, em conjunto com a base cartográfica, gerou os mapas de isoteores.

## 6 RESULTADOS

No total foram utilizados dados obtidos em 10 lagunas e em 21 poços nos três balneários. Com os dados em mãos foi possível elaborar mapas de isotores de pH, condutividade elétrica e potencial de oxirredução dos três balneários do parque (Carapebus, João Francisco e Visgueiro). Também foi possível gerar gráficos de condutividade elétrica e pH dos poços, permitindo evidenciar a potabilidade da água subterrânea da região.

No balneário do Visgueiro também foi calculada a média da profundidade em que o nível freático do aquífero livre se encontra, por volta de 1,5m (Tabela 2).

Tabela 2: Profundidades do nível freático e do fundo dos poços.

Poços: Balneário do Visgueiro			
UTM E	UTM S	Nível Freático	Prof. Total
250135	7543815	1,54	6,84
250055	7543815	1,69	4,48
250043	7543936	1,26	5,65
249841	7543838	1,88	7,96

Para as lagunas, os dados possibilitaram a criação de tabelas e de um gráfico de comparação dos parâmetros ao longo de um ano.

### 6.1 MAPAS DE PH, CONDUTIVIDADE E POTENCIAL DE OXIRREDUÇÃO.

Foram utilizados dados de 13 poços em Carapebus, 3 em João Francisco e 5 no Visgueiro (Tabela 3).

Tabela 3: Pontos utilizados para geração dos mapas de isoteores.

<b>Poços do Balneário do Visgueiro</b>			
<b>Ponto</b>	<b>CE (mS/cm2)</b>	<b>pH</b>	<b>EH (mV)</b>
84	4,88	7,3	-162
85	4,18	7,6	-31
86	1,28	7,6	-44
87	1,11	7,7	159
88	1	6,1	306
<b>Poços do Balneário de João Francisco</b>			
<b>Ponto</b>	<b>CE (mS/cm2)</b>	<b>pH</b>	<b>EH (mV)</b>
93	48,5	7,3	320
94	3,23	6,7	-70
95	0,45	6,9	191
<b>Poços do Balneário de Carapebus</b>			
<b>Ponto</b>	<b>CE (mS/cm2)</b>	<b>pH</b>	<b>EH (mV)</b>
97	0,26	6,5	249
98	0,28	6,5	276
99	0,5	6,5	216
100	12,2	6,1	171
101	12,19	6,4	-98
102	0,48	7,1	170
103	0,18	6,7	60
104	0,04	5,6	337
105	0,04	5,5	328
106	0,05	5,7	325
107	0,07	5,7	230
108	0,06	6,2	204
109	0,09	5,8	262

O método utilizado foi a interpolação pela ponderação do inverso da distância.

### 6.1.1 Balneário de Carapebus

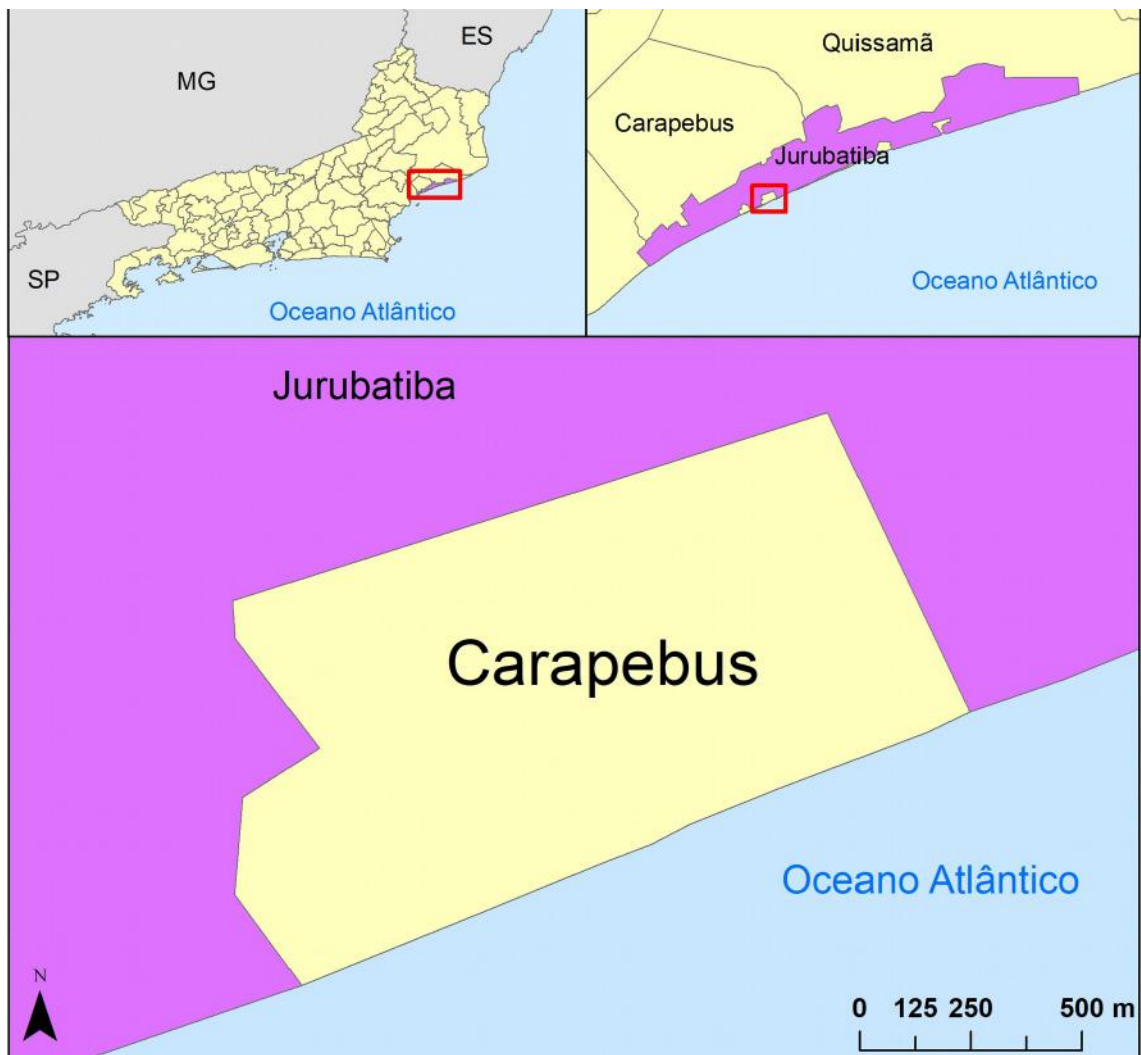


Figura 19. Mapa de localização do balneário de Carapebus.

## Isoteores de Condutividade Elétrica (mS/cm) - Carapebus Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

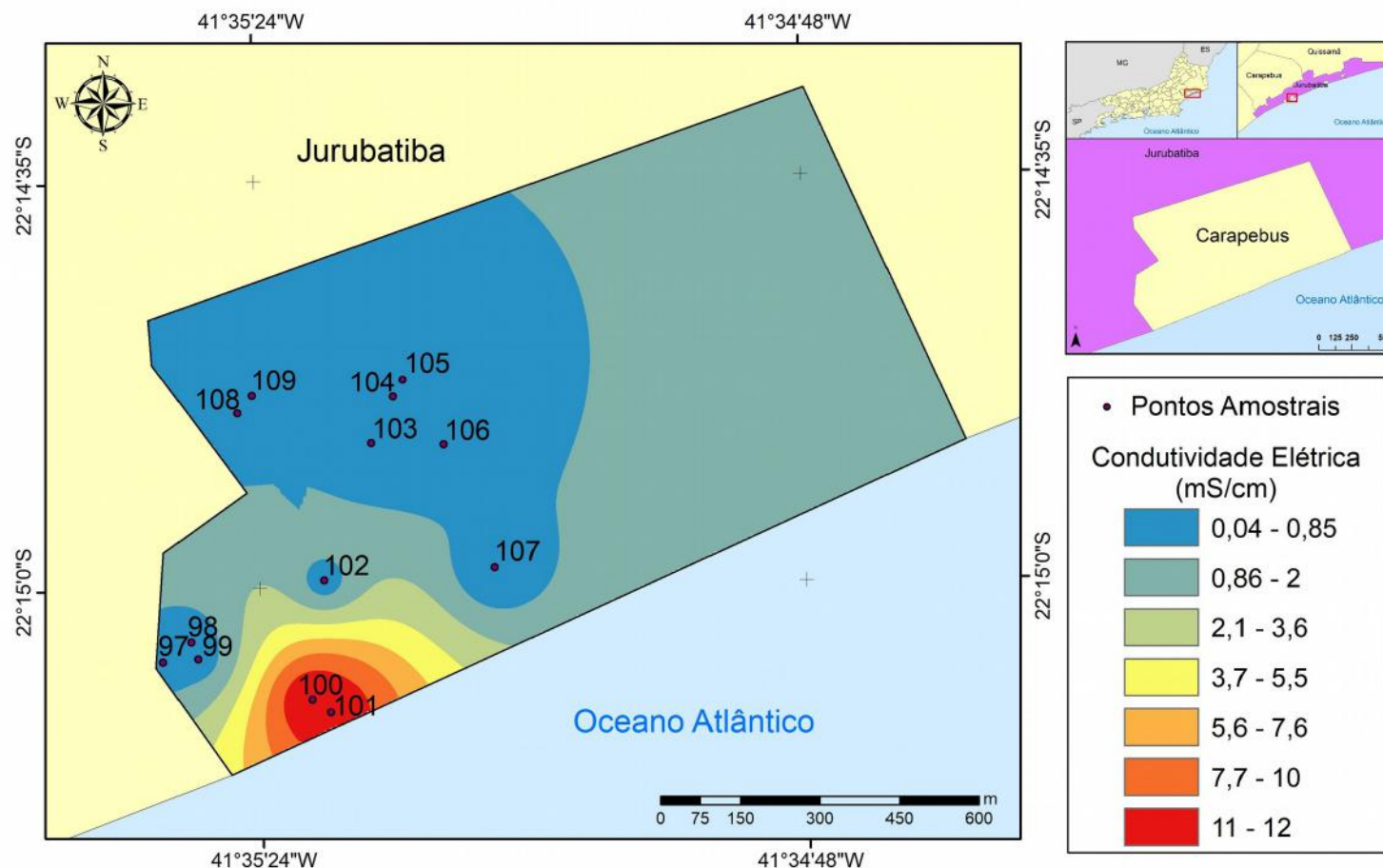


Figura 20. Mapa de isoteores de condutividade elétrica do balneário de Carapebus.

## Isotores de Potencial Hidrogeniônico (pH) - Carapebus Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

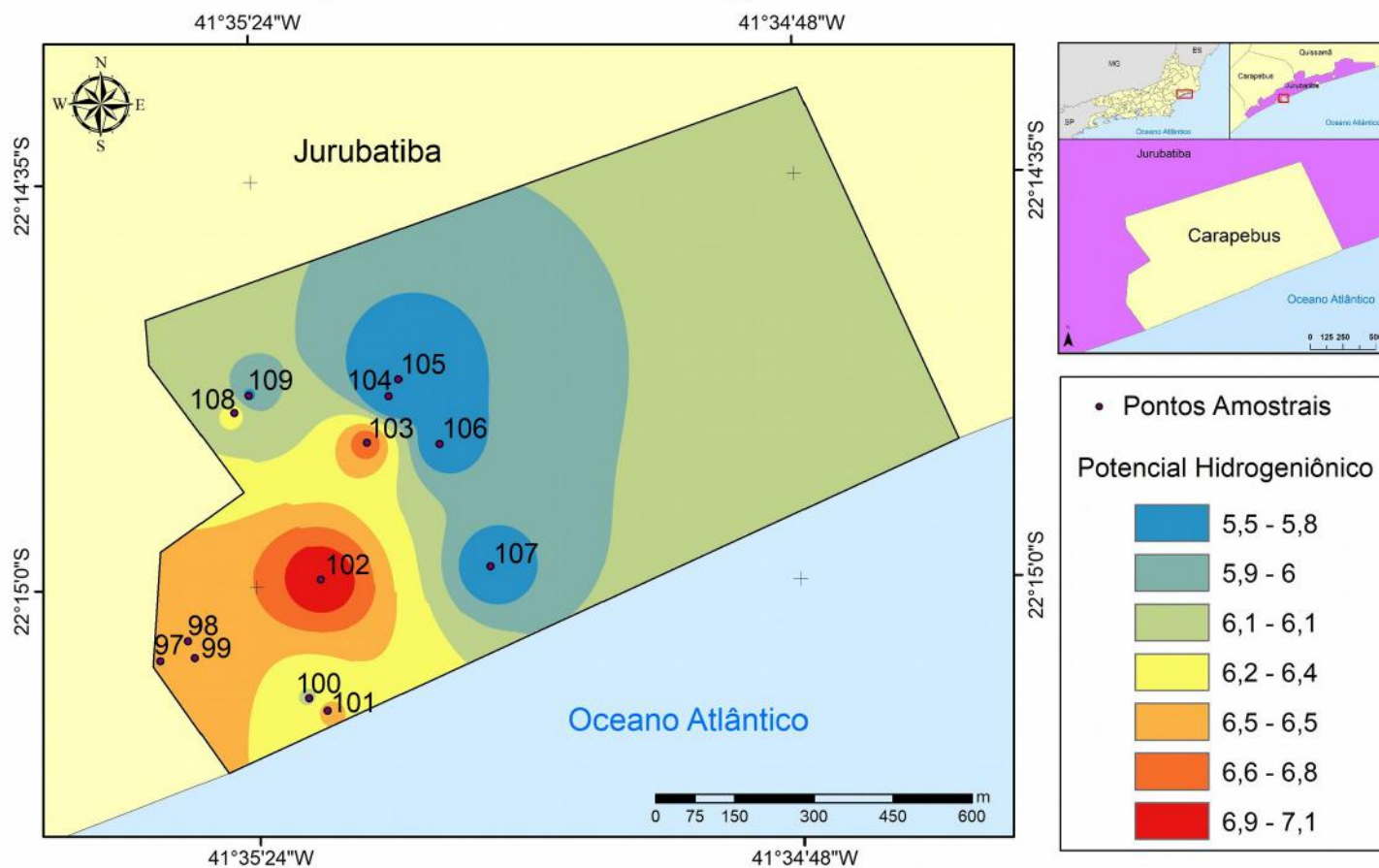


Figura 21. Mapa de isotores de pH do balneário de Carapebus.



## Isotores de Potencial de Oxirredução (EH) - Carapebus Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

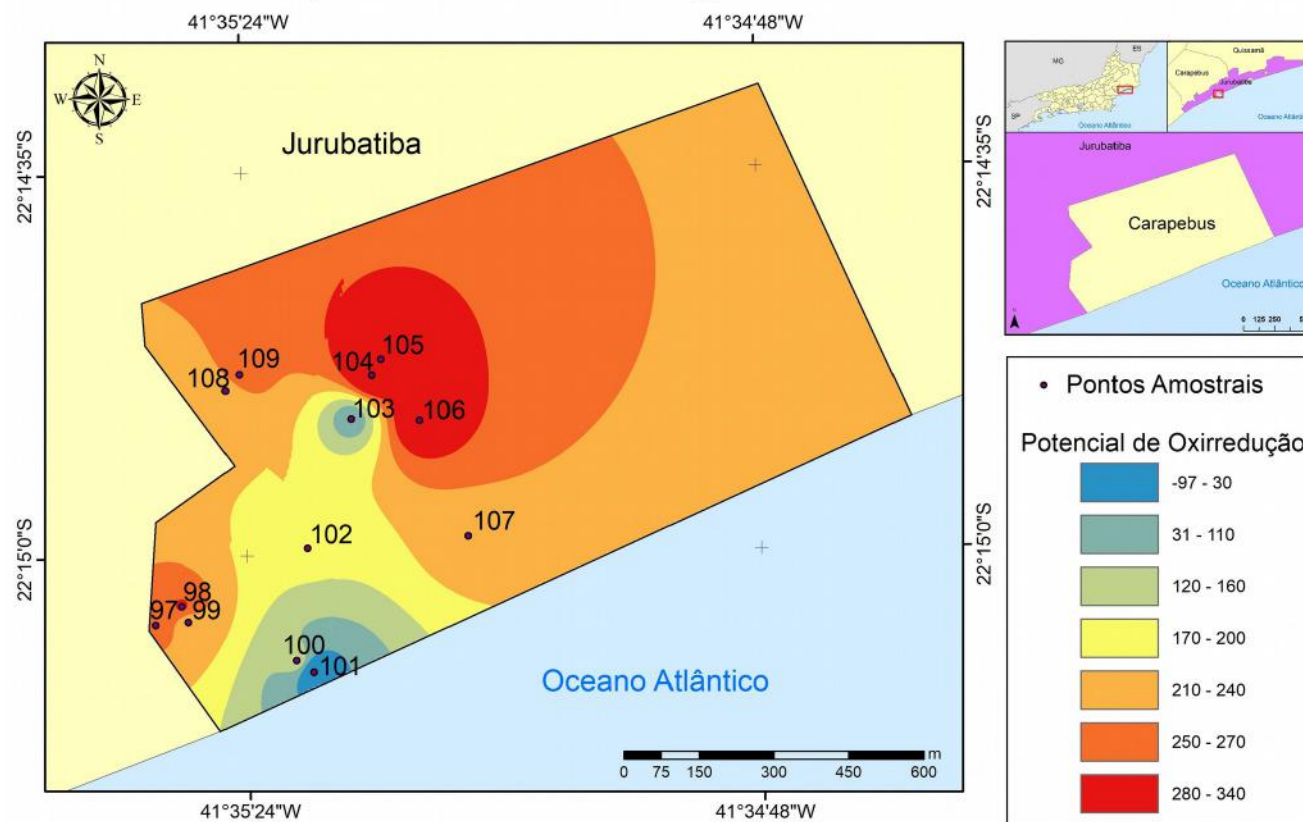


Figura 22. Mapa de isotores do potencial de oxirredução do balneário de Carapebus.



### 6.1.2 Balneário de João Francisco

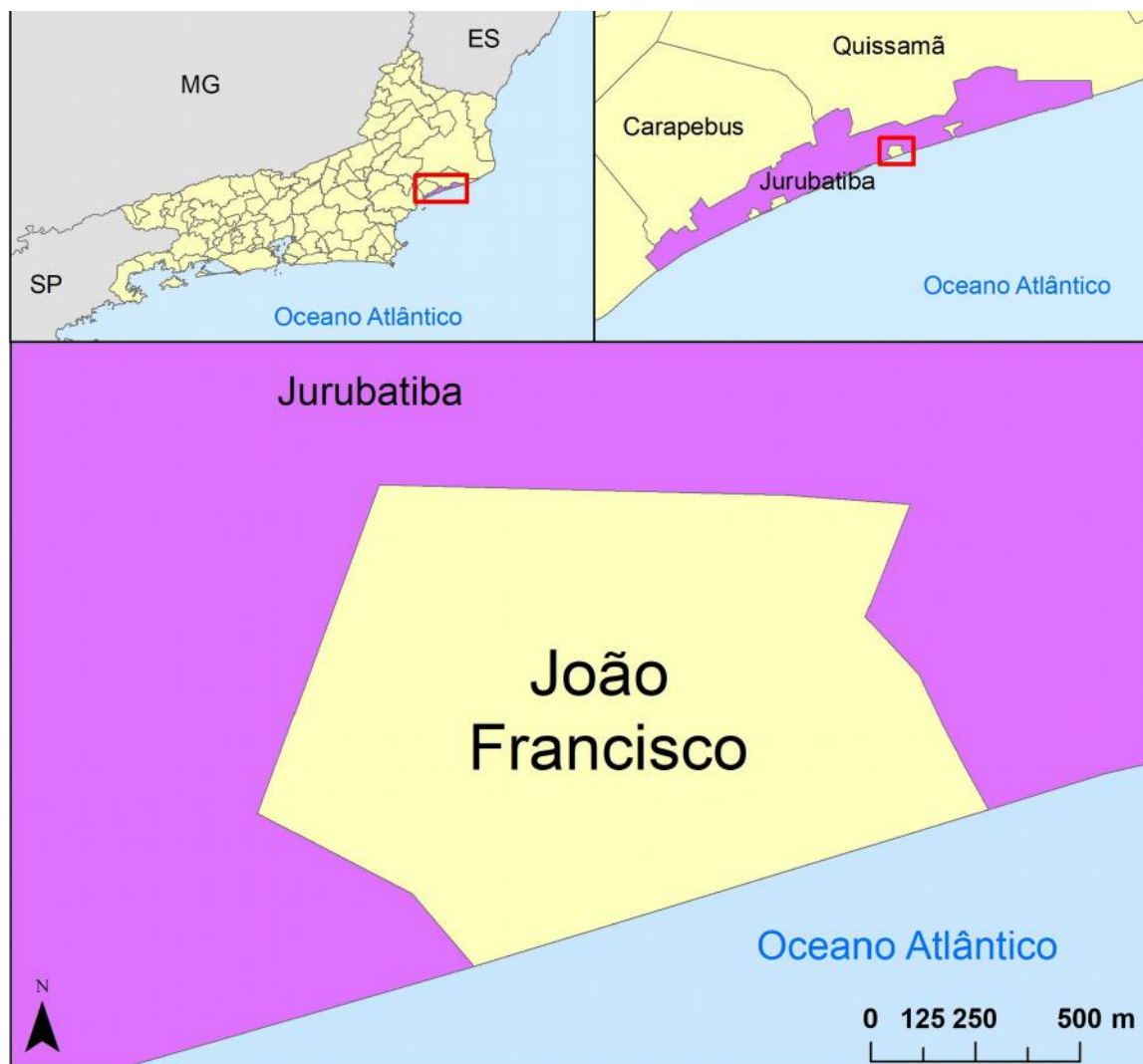


Figura 23. Mapa de localização do balneário de João Francisco.

## Isoteores de Condutividade Elétrica (mS/cm) - João Francisco Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

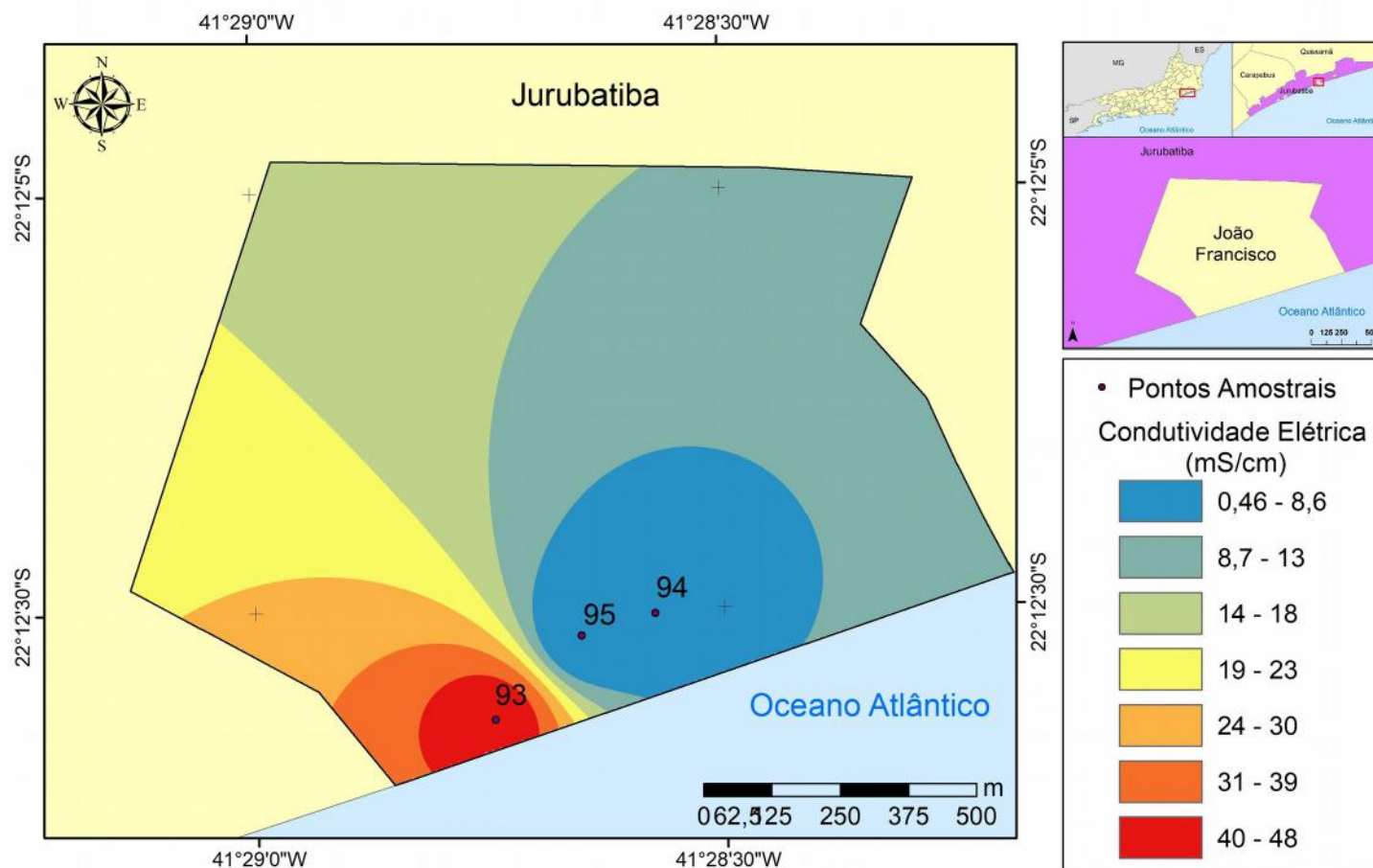


Figura 24. Mapa de isoteores de condutividade elétrica do balneário de João Francisco.

## Isotores de Potencial Hidrogeniônico (pH) - João Francisco Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

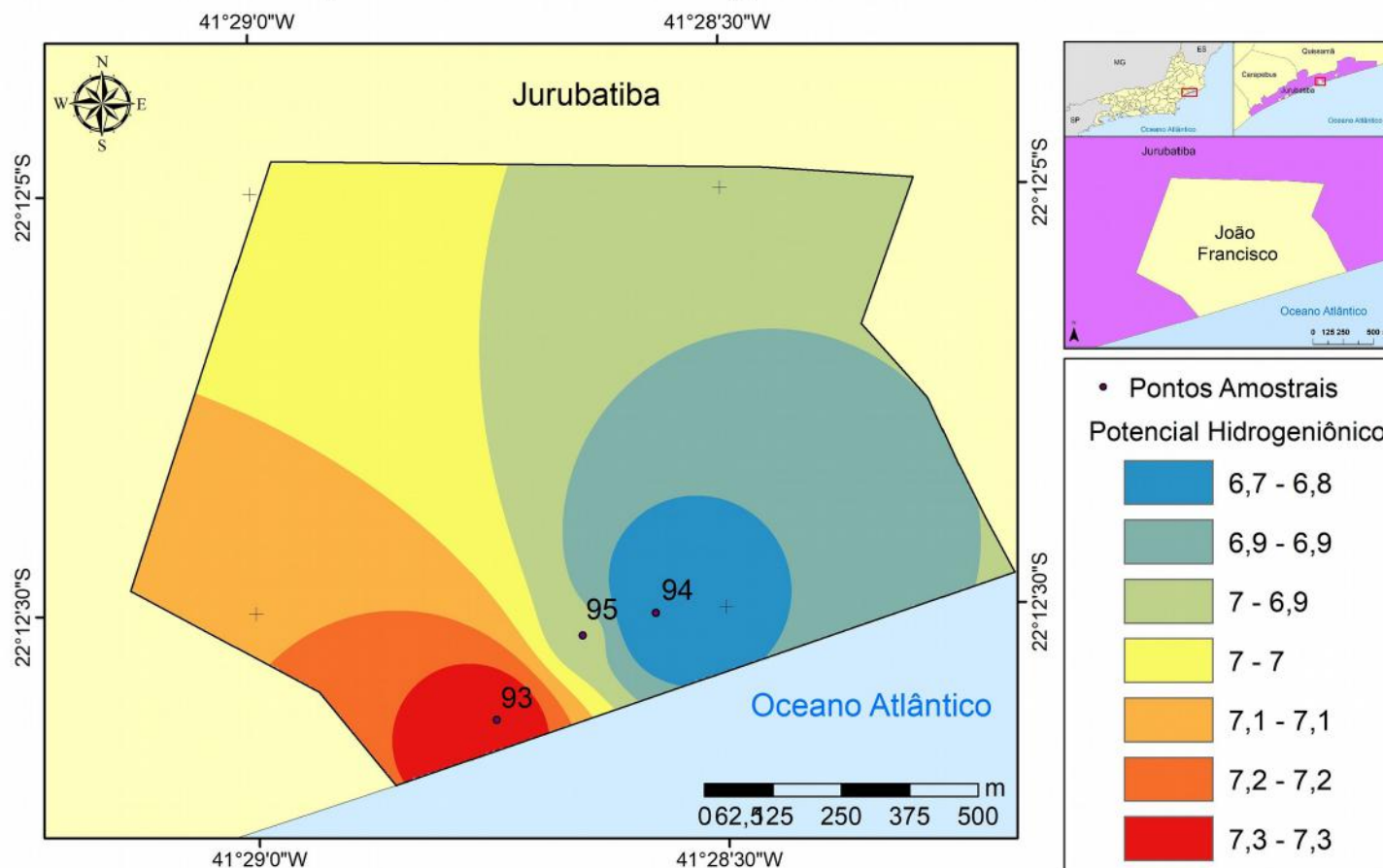


Figura 25. Mapa de isotores de pH do balneário de João Francisco.

## Isoteores de Potencial de Oxirredução (EH) - João Francisco Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

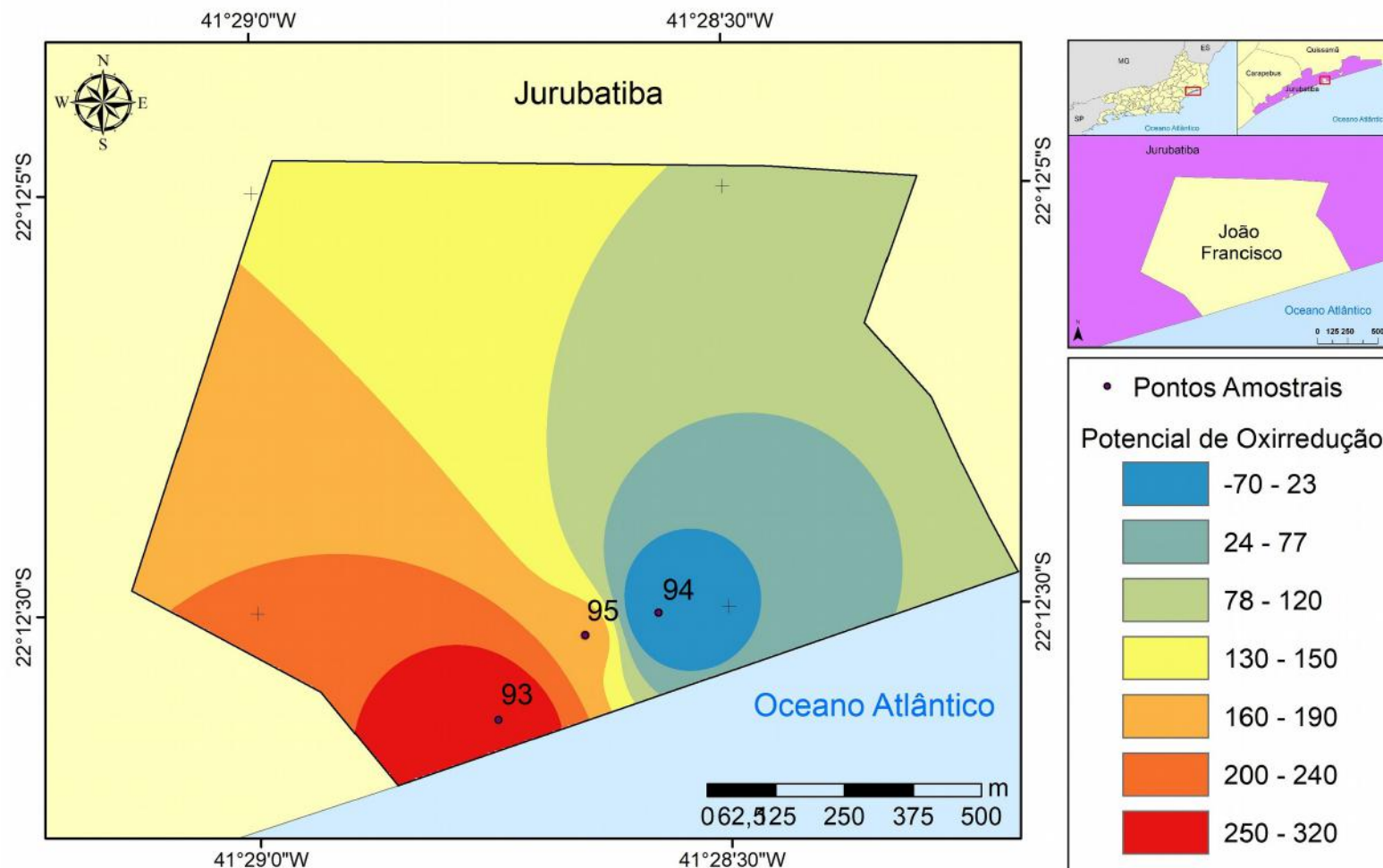


Figura 26. Mapa de isoteores do potencial de oxirredução do balneário de João Francisco.

### 6.1.3 Balneário do Visgueiro

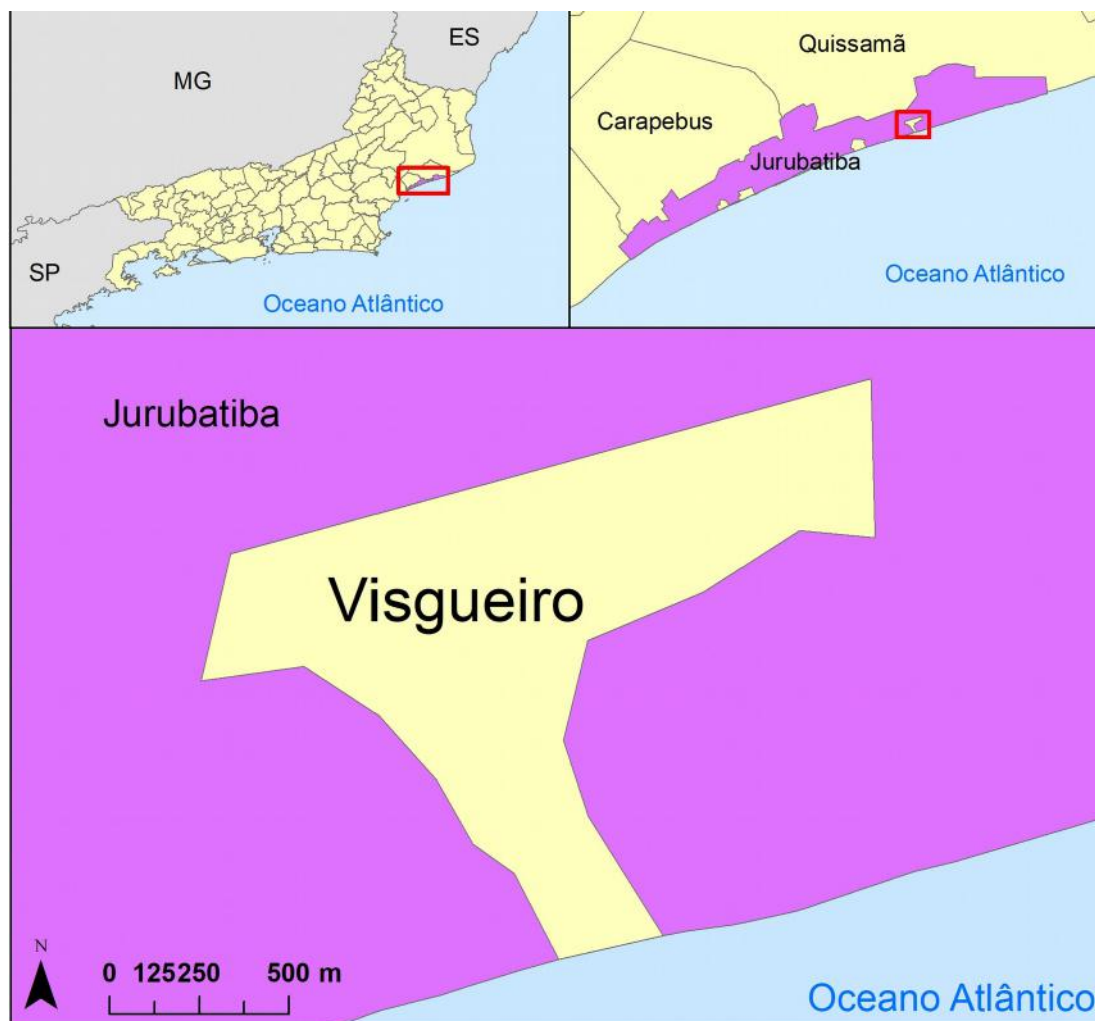


Figura 27. Mapa de localização do balneário do Visgueiro.

## Isoteores de Condutividade Elétrica (mS/cm) - Visgueiro Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

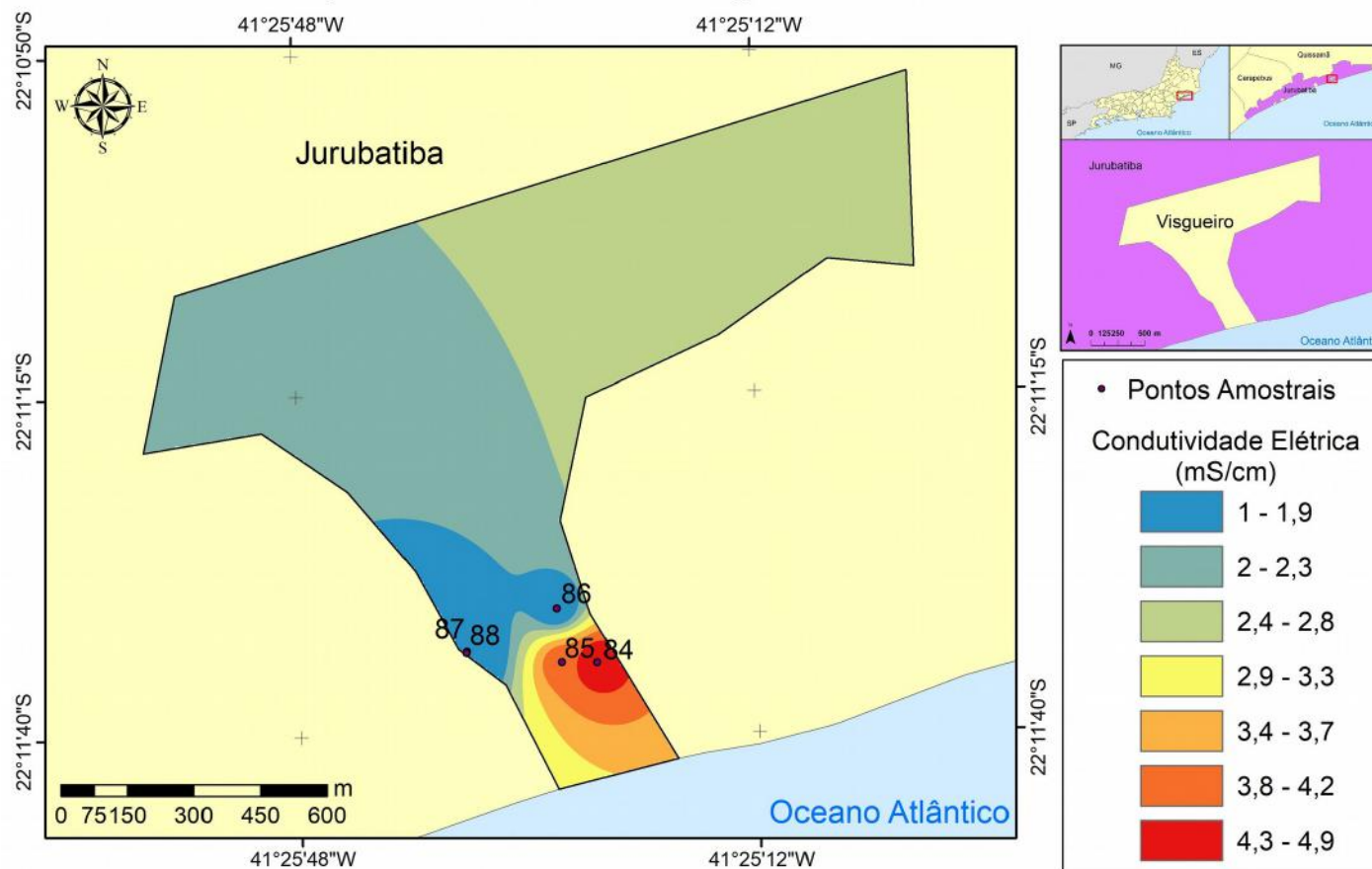


Figura 28. Mapa de isoteores de condutividade elétrica do balneário do Visgueiro.



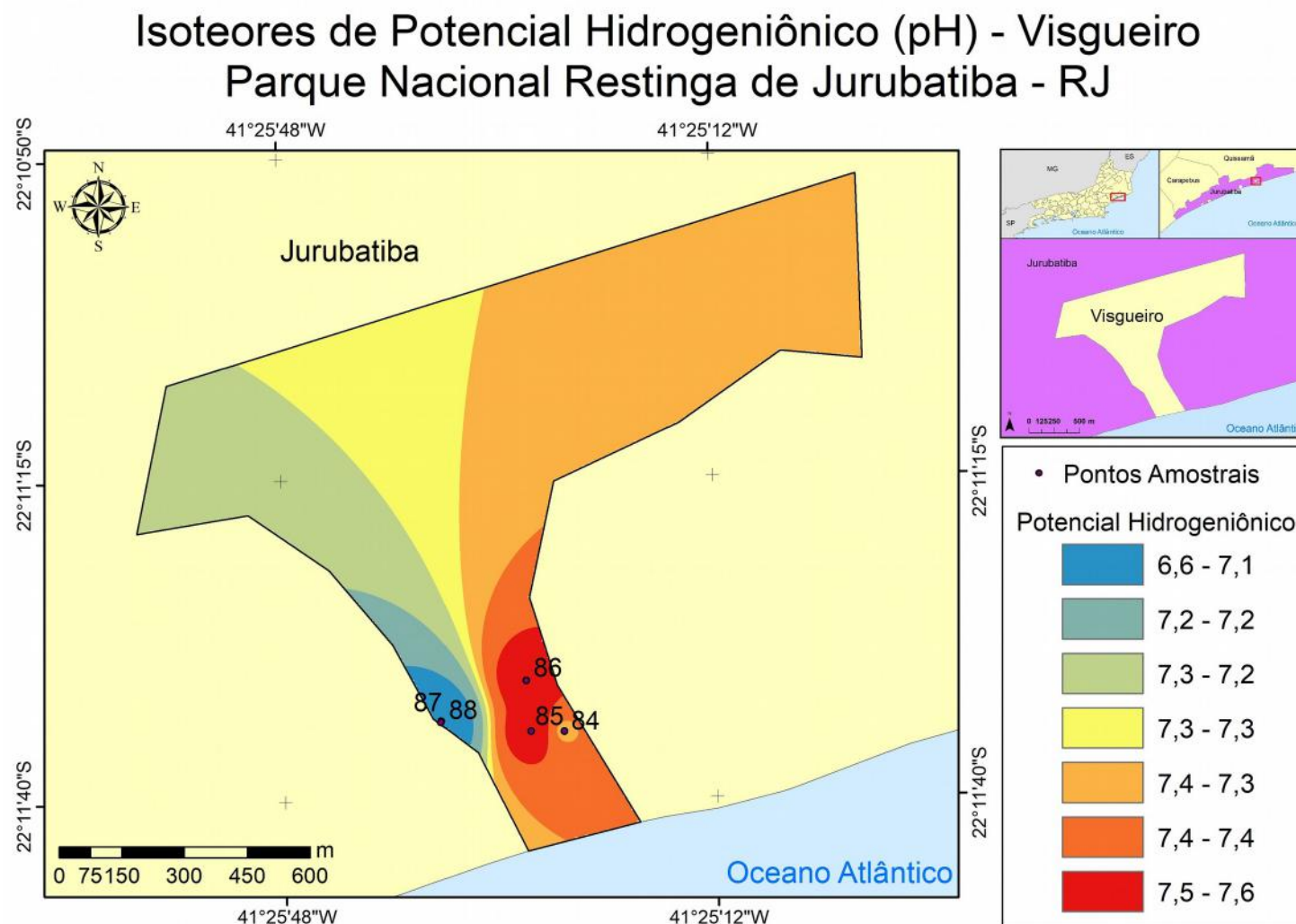


Figura 29. Mapa de isoteores de pH do balneário do Visgueiro.

## Isoteores de Potencial de Oxirredução (EH) - Visgueiro Parque Nacional Restinga de Jurubatiba - RJ

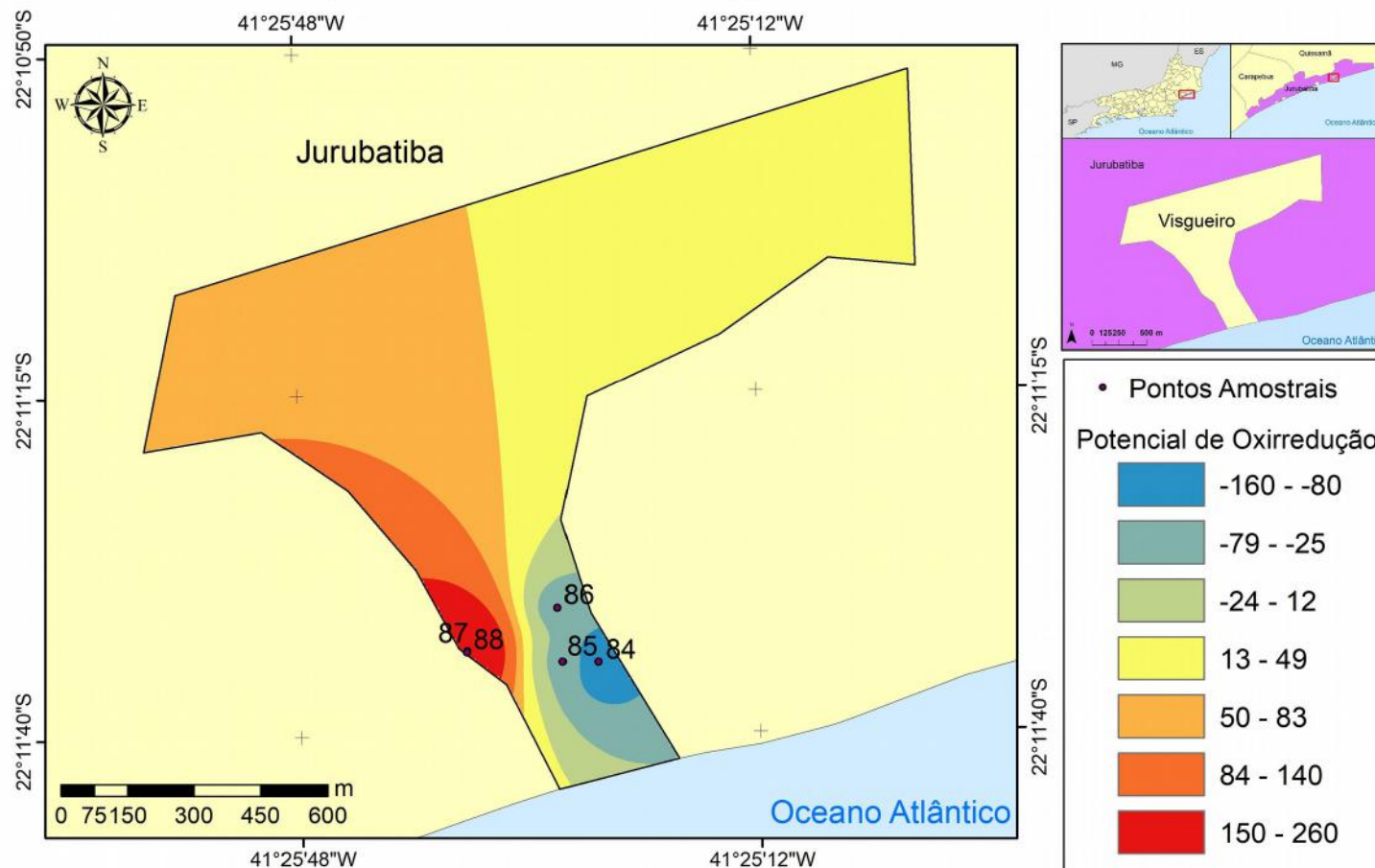


Figura 30. Mapa de isoteores de potencial de oxirredução do balneário do Visgueiro.

### 6.1.4 Gráficos de potabilidade

A potabilidade foi definida na seção 4.3 pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de Setembro de 2017 (BRASIL, 2017).

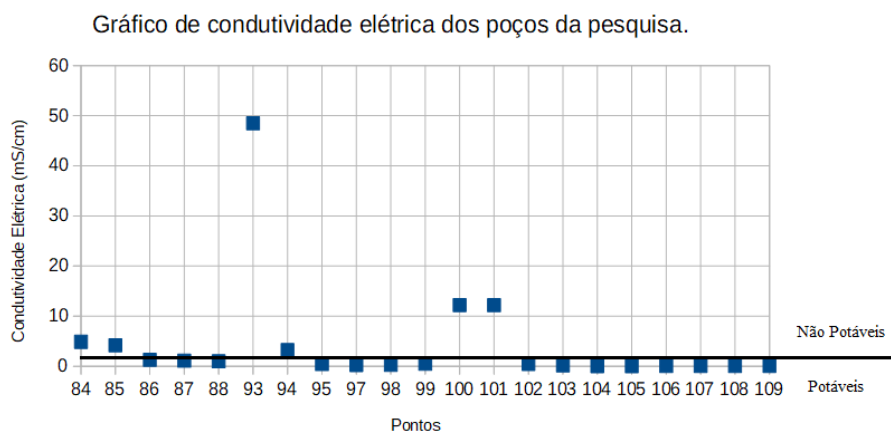


Figura 31. Gráfico de condutividade elétrica dos poços estudados em conjunto com os padrões de potabilidade.

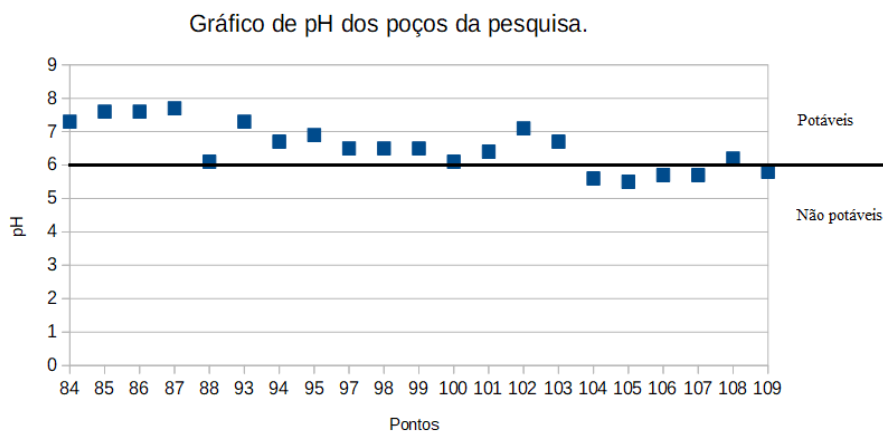


Figura 32. Gráfico de pH dos poços estudados em conjunto com os padrões de potabilidade.

## 6.2 DADOS HIDROQUÍMICOS DAS LAGUNAS EM FUNÇÃO DO TEMPO E GRÁFICO COMPARATIVO.

Foram geradas as tabelas de 4 até 13. A partir delas foi feito um gráfico (Figura 33) que foi comparado ao gráfico de pluviosidade da região de Macaé (Figura 34).

Tabela 4: Dados comparativos da Lagoa de Jurubatiba.

Lagoa de Jurubatiba						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	22,7	0,472	0,235	0,9	7,5	98
01/17	30,3	0,36	0,18	0,7	4,8	88
07/17	17,8	0,482	0,24	0,9	7,8	105
12/17	25,1	0,466	0,236	0,9	6,7	160

Tabela 5: Dados comparativos da Lagoa Comprida.

Lagoa Comprida						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	23,7	0,254	0,123	0,5	5,7	204
01/17	30,6	0,143	0,071	0,3	2,5	205
07/17	23,7	0,149	0,075	0,3	5,9	244
12/17	25,5	0,155	0,078	0,3	5,4	285

Tabela 6: Dados comparativos da Lagoa de Carapebus.

Lagoa de Carapebus						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	26,3	8,49	4,22	16,6	8,2	61
01/17	27,9	5,81	2,9	11,4	5,1	77
07/17	24,4	8,45	4,23	16,6	8,2	107
12/17	27,5	7,95	3,97	14,8	7,6	238

Tabela 7: Dados comparativos da Lagoa Paulista.

Lagoa Paulista						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	24	10,26	5,14	20,1	5,8	234
01/17	30,3	2,585	1,29	5,1	1,1	353
07/17	23,8	6,31	3,17	12,4	7	85
12/17	25,7	6,43	3,21	12,4	6	349

Tabela 8: Dados comparativos da Lagoa da Bezerra.

Lagoa da Bezerra						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
01/17	32,1	7,71	3,85	15,1	5,2	70
07/17	25,5	42,4	21,3	83,1	8,6	78
12/17	24,7	17,66	8,9	34,8	7	364

Tabela 9: Dados comparativos da Lagoa da Garça.

Lagoa da Garça						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	26,8	71,1	35,5	139,1	-	-
01/17	29,7	46,8	23,3	91,4	6,9	39
07/17	26,2	77,1	38,6	151	8,5	79
12/17	27,3	82,5	41,2	155,8	8	55

Tabela 10: Dados comparativos da Lagoa do Robalo.

Lagoa do Robalo						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	29,8	136,8	68,5	267,4	8,2	-40
01/17	32	113,2	56,6	221	7,1	168
07/17	24,9	99,9	49,9	195,2	8,9	-84
12/17	28	48,4	24,2	90	8,9	196

Tabela 11: Dados comparativos da Lagoa do Visgueiro.

Lagoa do Visgueiro						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	26,1	98,6	49,4	193,7	7,6	80
01/17	31,1	57,9	29	113,3	6,1	59

Tabela 12: Dados comparativos da Lagoa do Pires.

Lagoa do Pires						
Data	T (°C)	CE(mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	24,1	68,6	34,3	134,6	7,3	-29
01/17	33,6	117,4	58,7	229,2	6,8	12
07/17	25,1	111,5	56,1	220	9,1	97
12/17	25,3	29,5	14,85	57,3	8,3	180

Tabela 13: Dados comparativos da Lagoa Preta.

Lagoa Preta						
Data	T (°C)	CE (mS/cm)	TDS (g/L)	NaCl (%)	pH	Eh (mV)
09/16	23,8	59	29,5	115,8	7,6	60
01/17	30,5	50,2	25,1	98,1	6	121
07/17	24,1	62,2	30,7	121,7	7,8	144
12/17	25,5	59,2	29,6	114,9	8,3	220



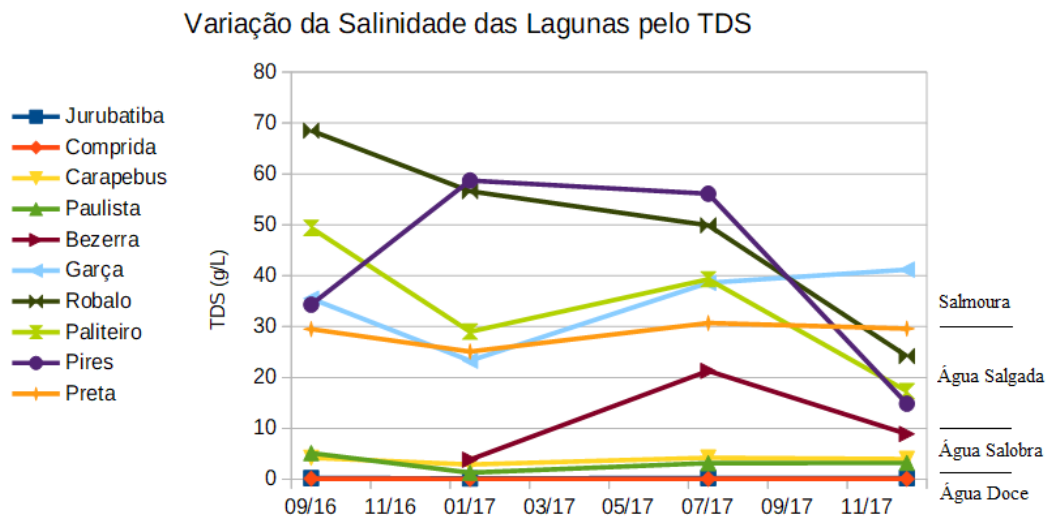


Figura 33. Gráfico da variação de salinidade em função dos períodos de amostragem utilizando a classificação por TDS de Masters & Ela (2008).

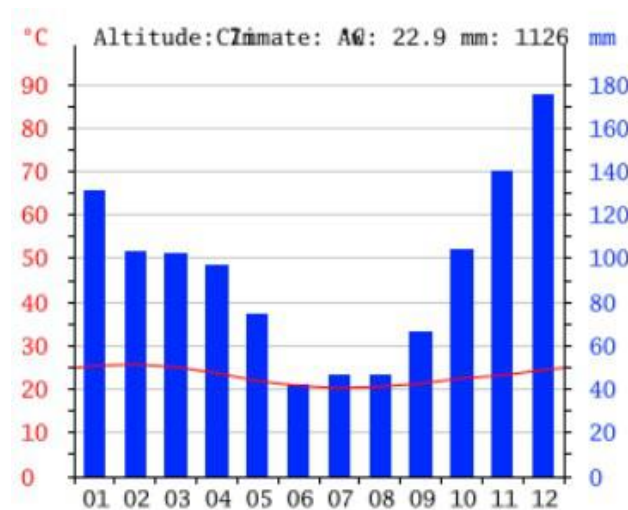


Figura 34. Média mensal de precipitação na região de Macaé ao longo de um ano. Fonte: Climate-Data.org.

## 7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados e da leitura da bibliografia, foi possível entender melhor a hidrogeologia no entorno do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

Segundo os mapas de isotores, há um padrão de maior salinidade em poços mais próximos à praia, mostrando influência das marés oceânicas sobre o aquífero. As medidas de pH ficaram em sua maioria entre 6,0 e 9,5. Apenas no balneário de Carapebus foram encontrados valores de pH mais alcalinos, além dos recomendados pela Portaria de Consolidação MS nº 5 (BRASIL, 2017). Já as medidas de condutividade elétrica revelaram poços com valores além do desejado nas três localidades. Os mapas e valores do potencial de oxirredução evidenciaram pontos isolados onde o ambiente é anóxico e também mostraram que os poços mais próximos à praia tendem a conter águas mais oxidantes.

Baseado nas tabelas e gráficos das lagoas, é possível notar alguns padrões. As Lagoas de Jurubatiba, Comprida, Carapebus, Paulista e Preta, que são as de geometria transversal à linha de costa, mostraram pouca variação de salinidade durante o ano. No caso das três primeiras, isso pode ser explicado pela forte influência das drenagens que as abastecem, chuvas e influência marinha pouco relevante, já que são lagoas de água doce à levemente salobras. No caso da Lagoa Preta, uma explicação plausível é que inicialmente houve forte influência marinha, como *overwash* ou trocas subterrâneas até que a salinidade de suas águas chegasse ao nível de salmoura. A partir daí, houve equilíbrio entre a entrada de água doce por chuvas e drenagens e a entrada de águas marinhas, mantendo aproximadamente o mesmo nível de salinidade durante o ano.

Quanto às lagoas de geometria paralela ao cordão litorâneo, nota-se que há comportamentos parecidos. Como não são formadas pelo afogamento de drenagens, a

influência de água doce no meio é essencialmente pluvial. Os períodos entre maio e setembro são marcados por pouca pluviosidade e, por isso, estas lagoas tendem a se tornar mais salinas nesta época do ano. No verão, ocorre o contrário: o alto índice de pluviosidade faz com que a salinidade das lagoas diminua. A Lagoa do Robalo registrou apenas queda no nível da salinidade desde a primeira campanha. Isto pode ocorrer devido à baixa influência marinha combinado às chuvas na região.

O PARNA é um enorme laboratório para estudos de hidrogeologia e este trabalho apenas mostra que ainda há muito a ser feito no local, desde a busca por dados de mais poços, maior frequência no controle das lagoas, até análises químicas mais detalhadas de suas águas.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto de 29 de abril de 1998. Cria o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, e dá outras providências. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303 - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente., M.M.A.-. CONAMA, Editor.: D.O.U, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, 2017.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima Macaé: Temperatura, Tempo e dados Climatológicos de Macaé, [s.d.]. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/macae-4046/#climate-table>>. Acesso em: 13/07/2019.

CUSTUDIO, E.; BRUGGEMAN, G. A.; COTECCHIA, V. Groundwater problems in coastal areas. Studies and Reports in Hydrology, vol. 35, 1987.

DE ALMEIDA, Fernando Flávio Marques; HASUI, Yociteru. O pré-cambriano do Brasil. Editora Edgard Blücher, 1984.

DIAS, GTM; SILVA, C. G. Geologia de depósitos arenosos costeiros: exemplos ao longo do litoral fluminense. Restingas: Origem e Processos, 1984.

DOMINGUEZ, JOSÉ MARIA LANDIM; BITTENCOURT, ABÍLIO CARLOS DA SILVA PINTO; MARTIN, Louis. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geociências, v. 11, n. 4, p. 227-237, 2018.

FEITOSA, F. A. C. et al. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

FERNANDEZ, Guilherme Borges. Indicadores morfológicos para a origem e evolução das barreiras arenosas costeiras no litoral do estado do Rio de Janeiro. VIISimpósio Nacional de Geomorfologia/III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008.

HASUI, Yociteru. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. Geociências, p. 141-169, 2010.

HASUI, Yociteru et al. (Ed.). Geologia do Brasil. São Paulo: Beca, 2012.

HEILBRON, Monica et al. Província mantiqueira. Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, CDR, p. 203-234, 2004.

HEM, John David. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Department of the Interior, US Geological Survey, 1985.

ICMBIO. Plano de manejo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, 2007.

ICMBIO. Parque Nacional de Jurubatiba, c2019. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/parnajurubatiba/galeria-de-imagens.html>> Acesso em: 13/07/2019.

MARTIN, Louis et al. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. 1984.

MASTERS, Gilbert M.; ELA, Wendell P. Introduction to environmental engineering and science. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.

PEREIRA, ML M<sup>1</sup>; SOUZA, K. I. S.; VIEIRA, C. V. Restingas: ser ou não ser, eis a questão. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA, III Encontro do Quaternário Sulamericano. 2011.

ROCHA, C. F. D. et al. O estado da biodiversidade nos grandes blocos de remanescentes florestais no Estado do Rio de Janeiro e nas restingas dos corredores da Serra do Mar e Central da Mata Atlântica. Relatório Técnico, p. 116, 2002.

ROCHA, T. B. A planície costeira meridional do complexo deltáico do rio Paraíba do Sul (RJ): arquitetura deposicional e evolução da paisagem durante o Quaternário Tardio. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, p. 178, 2013.

SILVA, LC da; CUNHA, HC da S. Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM): Brasília, Brazil), 2001.

TUPINAMBÁ, Miguel et al. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. Revista Geonomos, v. 15, n. 1, 2013.

APÊNDICE – Tabela de Dados

Parâmetros  
Físioquímicos da  
água

Projeção e datum:  
UTM 24K – WGS84

Completa								
Ponto	UTM E	UTM S	CE (S/cm)	TDS	NaCl	pH	EH (mV)	NA
1	226312	7533617	254,0 µS	123 ppm	0,50%	5,7	204	
2	231786	7536296	55,8 mS	27,9 g/L	109,20%	7,5	44	
3	231820	7536307	58,0 mS	29 g/L	113%	7,9	61	
4	231850	7536383	8,49 mS	4,22 g/L	16,60%	8,2	61	
5	231359	7538521	8,58 mS	4,28 g/L	16,70%	7,6	69	
6	222860	7531534	472,0 µS	235 ppm	0,90%	7,5	98	
7	253863	7544791	68,6 mS	34,3 g/L	134,60%	7,3	-29	
8A	255895	7545440	58,0 mS	29 g/L	113,50%	7,7	-73	
8B	255895	7545440	58,5 mS	29,2 g/L	114,60%	-	-	
9	256296	7545598	59,0 mS	29,5 g/L	115,80%	7,6	60	
10A	263096	7547521	55,0 mS	27,5 g/L	107,50%	7,5	51	
10B	263096	7547521	56,3 mS	28,7 g/L	111,50%	7,9	92	
11	252833	7544507	98,6 mS	49,4 g/L	193,70%	7,6	80	
12	248981	7543361	136,8 mS	68,5 g/L	267,40%	8,2	-40	
13	243179	7541440	71,1 mS	35,5 g/L	139,10%			
14	241145	7540692	1384,0 µS	692 ppm	2,70%	7,4	68	1,5
15	238984	7539674	364,0 µS	182 ppm	0,70%	5,7	290	1,7
16	238344	7539290	10,26 mS	5,14 g/L	20,10%	5,8	234	
17A	222883	7531526	360 µS	180 ppm	0,70%	4,8	88	
17B	222883	7531526	50,3 mS	25,2 g/L	98,50%	6	29	
18	226462	7533674	143,2 µS	71,9 ppm	0,30%	2,5	205	
19A	227304	7534096	27,61 mS	13,76 g/L	54,00%	4,7	82	
19B	227304	7534096	50,7 mS	25,4 g/L	99,40%	5,8	52	
20	228769	7534846	156 µS	79,4 ppm	0,30%	1	262	
21	230746	7535805	3,84 mS	1,95 g/L	7,60%	3,8	84	
22	231611	7536179	8,67 mS	4,33 g/L	16,90%	4,9	75	
23	232532	7536654	5,81 mS	2,9 g/L	11,40%	5,1	77	
24	232983	7536859	9,91 mS	4,94 g/L	19,40%	5,3	72	
25	233789	7537722	337 µS	169 ppm	0,70%	4	135	
26	237150	7538758	13,15 mS	6,55 g/L	25,60%	4,4	120	
27	238095	7539165	2744 µS	1371 ppm	5,40%	1,3	300	
28	239416	7539825	2670 µS	1333 ppm	5,20%	3,6	141	
29	240655	7540405	321 µS	161 ppm	0,60%	0,5	302	
30	241034	7540583	371 µS	185 ppm	0,70%	0,2	320	
31	241534	7540775	7,71 mS	3,85 g/L	15,10%	5,2	70	
32	242873	7541313	46,8 mS	23,3 g/L	91,40%	6,9	39	
33	245372	7542213	39,2 mS	19,6 g/L	76,70%	7,7	2	
34	245806	7542285	42,4 mS	21,2 g/L	83,00%	6,4	89	
35	247541	7543034	132,9 mS	66,5 g/L	260%	6,1	69	
36	248016	7543064	85,2 mS	42,5 g/L	166,50%	6,1	80	
37	248471	7543211	113,2 mS	56,6 g/L	221%	7,1	168	
38	250840	7543904	119,9 mS	59,9 g/L	233,60%	7,4	24	
39	252697	7544471	57,9 mS	29 g/L	113,30%	6,1	59	
40	253956	7544822	117,4 mS	58,7 g/L	229,20%	6,8	12	
41	256629	7545660	50,2 mS	25,1 g/L	98,10%	6	121	
42	259162	7546425	35,7 mS	17,8 g/L	69,60%	7,4	125	
43	259677	7546571	75,9 mS	37,7 g/L	147,40%	6,5	163	
44	263096	7547520	50,7 mS	25,3 g/L	98,80%	6,7	35	
45	231337	7538513	5,45 mS	2,72 g/L	10,70%	5,8	157	
46	230668	7539810	3,58 mS	1,79 g/L	7%	5,2	155	
47	228960	7537990	1046 µS	524 ppm	2%	4,5	137	
48	226553	7536497	372 µS	186 ppm	0,70%	3,8	158	
49	230688	7539889	5,56 mS	2,78 g/L	10,90%	4,8	144	
50	231175	7539684	5,49 mS	2,75 g/L	10,70%	4,7	138	
51	232242	7540173	4,46 mS	2,23 g/L	8,70%	4	135	
52	233254	7540654	4,63 mS	2,31 g/L	9,10%	4	122	
53	234541	7540883	4,49 mS	2,25 g/L	8,80%	3	157	
54	236588	7541706	2519 µS	1258 ppm	4,90%	1	343	
55	237285	7545222	1475 µS	733 ppm	2,90%	-	406	
56	237751	7543030	1965 µS	981 ppm	3,80%	0,5	408	
57	237957	7539902	2585 µS	1299 ppm	5,10%	1,1	353	



58	222494	7531262	360 µS	180 ppm	0,70%	4,2	166	
59	222852	7531531	482 µS	240 ppm	0,90%	7,8	105	
60	226313	7533614	149,6 µS	74,9 ppm	0,30%	5,9	244	
61	231811	7536317	56,9 µS	28,4 g/L	111,50%	7,9	166	
62	232723	7536711	8,45 mS	4,23 g/L	16,60%	8,2	107	
63	235003	7538166	512 µS	256 ppm	1%	4	261	
64	235113	7538508	196,5 µS	-	0,40%	3,9	155	
65	234657	7540010	90,3 µS	452 ppm	1,80%	4	163	
66	233432	7540789	94 mS	47,8 ppm	0,20%	4,2	85	
67	237485	7538946	38,8 mS	17,9 g/L	70%	6,8	107	
68	237773	7539031	6,31 mS	3,17 g/L	12,40%	7	85	
69	239522	7539878	31,1 mS	15,5 g/L	60,90%	9	62	
70	241559	7540785	42,4 mS	21,3 g/L	83,10%	8,6	78	
71	242929	7541323	77,1 mS	38,6 g/L	151%	8,5	79	
72	245136	7542339	56,8 µS	28,4 g/L	111,10%	8,2	110	
73	245225	7542396	77,3 µS	38,6 g/L	150,90%	8,9	35	
74	247328	7542904	65,3 mS	32,8 g/L	128%	9,3	21	
75	263157	7547537	88,3 µS	44,1 g/L	172,90%	8,6	97	
76	260930	7546882	37,6 µS	18,8 g/L	73,50%	8	65	
77	259069	7546398	46,2 mS	23,1 g/L	90,60%	9,5	69	
78	258474	7546133	63,7 mS	31,8 g/L	124%	8	121	
79	256315	7545584	62,2 mS	30,7 g/L	121,70%	7,8	144	
80	253643	7544818	111,5 mS	56,1 g/L	220%	9,1	97	
81	252951	7544536	78,4 mS	39,3 g/L	154,20%	8,4	116	
82	251547	7544122	103,8 mS	52 g/L	203,40%	8,8	105	
83	249734	7543594	99,9 mS	49,9 g/L	195,20%	8,9	-84	
84	250135	7543815	4,88 mS	2,44g/L	9,40%	7,3	-162	1,54
85	250055	7543815	4,18 mS	2,09g/L	8,10%	7,6	-31	1,69
86	250043	7543936	1281 µS	641ppm	2,50%	7,6	-44	1,26
87	249841	7543838	1112 µS	556ppm	2,10%	7,7	159	1,88
88	249840	7543836	1003 µS	506ppm	1,90%	6,1	306	1,07
89	248842	7543264	48,4 mS	24,2g/L	90%	8,9	196	
90	247962	7543051	34,5 mS	17,3g/L	64,30%	8,2	217	
91	245316	7542311	36,8 mS	18,4g/L	70,00%	8,1	249	
92	245149	7542306	28,62 mS	14,3g/L	52,70%	8,4	208	
93	244432	7541821	48,5 mS	24,2g/L	90%	7,3	320	3
94	244724	7542017	3,23 mS	1,62g/L	5,70%	6,7	-70	2,67
95	244590	7541976	456 µS	229ppm	0,90%	6,9	191	
96	232886	7537076	7,95 mS	3,97g/L	14,80%	7,6	238	
97	232886	7537076	261,6 µS	131ppm	0,50%	6,5	249	
98	232939	7537114	282,4 µS	141,8ppm	0,50%	6,5	276	
99	232952	7537082	509 µS	252ppm	1,00%	6,5	216	
100	233168	7537006	12,2 mS	6,1g/L	23%	6,1	171	
101	233203	7536982	12,19 mS	6,1g/L	23,80%	6,4	-98	
102	233190	7537231	482 µS	241ppm	0,90%	7,1	170	
103	233278	7537491	183,7 µS	91,9ppm	0,40%	6,7	60	
104	233319	7537579	42,7 µS	21,4ppm	0,10%	5,6	337	
105	233337	7537611	46,7 µS	23,4ppm	0,10%	5,5	328	
106	233415	7537489	49,3 µS	24,6ppm	0,10%	5,7	325	
107	233512	7537256	68,1 µS	34,1ppm	0,10%	5,7	230	
108	233026	7537547	65,8 µS	32,9ppm	0,10%	6,2	204	
109	233053	7537580	93,0 µS	46,4ppm	0,20%	5,8	262	
110	222831	7531457	466 µS	236ppm	0,90%	6,7	160	
111	222346	7531147	269,9 µS	148,4ppm	0,60%	7	186	
112	226320	7533613	155,6 µS	78,6ppm	0,30%	5,4	285	
113	237780	7539040	6,43 mS	3,21g/L	12,40%	6	349	
114	241734	7540862	17,66 mS	8,9g/L	34,80%	7	364	
115	243348	7541847	82,5 mS	41,2g/L	155,80%	8	55	
116	250827	7543902	43,4 mS	21,2g/L	82,40%	8	259	
117	252957	7544546	34,7 mS	17,3g/L	67%	8,5	199	
118	253807	7544773	29,5 mS	14,85g/L	57,30%	8,3	180	
119	256193	7545746	59,2 mS	29,6g/L	114,90%	8,3	220	
120	258297	7546168	66,6 mS	33,3g/L	129%	8,9	143	
121	263258	7547556	13,18 mS	6,56g/L	25,90%	8,3	243	